

MANUAL

# MONITOREO COMUNITARIO DEL AGUA

Para cuencas ganaderas y agroforestales de Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México.



GOBIERNO DE MÉXICO

MEDIO AMBIENTE  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC  
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

## DIRECTORIO

### Lic. Mariana Morales Hernández

Encargada del Despacho de la Dirección General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

### Dr. José Ernesto Carmona Gómez

Coordinador General de Adaptación al Cambio Climático y Ecología

### Dra. Diana Gabriela Lope Alzina

Directora de Servicios Ambientales Hidrológicos y Adaptación al Cambio Climático con Enfoque de Cuencas

**Elaboración y coordinación del Manual de monitoreo comunitario del agua para cuencas ganaderas y agroforestales de Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México.**

### Coordinación técnica

M. en C. Luis Enrique Hernández Salinas, FMCN

M. en C. Denisse Guadalupe Morales Perea, FMCN

M. en C. Karla Isabel Rivera Ramírez, Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (FCEA)

M. en C. Víctor Hugo Salinas Camarillo, FCEA

M. en C. Arantza Ivonne Daw Guerrero, FCEA

Lic. María Teresa Gutiérrez Mercadillo, FCEA

### Diseño, edición e ilustraciones

M. en C. Karla Isabel Rivera Ramírez, FCEA

Lic. Stefanie Salinas Camarillo

**Dra. Ana Isabel Fernández Montes de Oca**- Coordinadora de Manejo Integrado de Paisaje  
Coordinación técnica de los proyectos CONECTA y RÍOS

**Dr. Sergio M. López Ramírez**- Director de Manejo Sostenible  
Coordinación operativa de los proyectos CONECTA y RÍOS

**Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) con apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), a través del Banco Mundial, así como del Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés).**

**Agradecimientos a las personas y actores institucionales que colaboraron en la revisión del manual:** Fondo Golfo de México, A.C., Fondo Noroeste y Occidente, A.C., Fondo de Conservación El Triunfo, A.C., y, Eduardo Levi León García

### Forma de citar:

INECC-FMCN, 2023. Manual de monitoreo comunitario del agua para cuencas ganaderas y agroforestales de Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, México. Proyectos CONECTA y RÍOS. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), Banco Mundial y Fondo Verde para el Clima.

**Fotografía en portada:** Víctor Salinas



GOBIERNO DE  
MÉXICO

MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES





Foto: Mauricio Ortega

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. NOCIONES GENERALES</b>	
<b>1.1.</b> Monitoreo Comunitario del Agua.....	<b>3</b>
<b>1.2.</b> Medidas de seguridad y guía de buenas prácticas.....	<b>5</b>
<b>2. MÉTODOS DE MONITOREO</b>	
<b>2.a.</b> Toma de una muestra de agua.....	<b>10</b>
<b>2.1 Parámetros físico-químicos</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.1</b> Temperatura.....	<b>13</b>
<b>2.1.2</b> pH.....	<b>15</b>
<b>2.1.3</b> Oxígeno disuelto.....	<b>17</b>
<b>2.1.4</b> Turbidez.....	<b>21</b>
<b>2.1.5</b> Nitratos.....	<b>25</b>
<b>2.1.6</b> Amonio.....	<b>29</b>
<b>2.1.7</b> Fosfatos.....	<b>32</b>
<b>2.1.8</b> Caudal.....	<b>35</b>
<b>2.1.9</b> Volumen de agua.....	<b>39</b>
<b>2.2 Parámetros paisajísticos</b> .....	<b>43</b>
<b>2.2.1</b> Calidad hidromorfológica.....	<b>44</b>
<b>2.2.2</b> Calidad del bosque de ribera.....	<b>51</b>
<b>2.3 Parámetros biológicos</b> .....	<b>60</b>
<b>2.3.1</b> Coliformes Totales.....	<b>61</b>
<b>2.3.2</b> Macroinvertebrados acuáticos.....	<b>63</b>
<b>3. GLOSARIO Y BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>3.1</b> Glosario.....	<b>72</b>
<b>3.2</b> Bibliografía.....	<b>73</b>

# PRESENTACIÓN

El presente documento se realizó en el marco de los proyectos **“Conectando la salud de las cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible” (CONECTA)** y **“Restauración de ríos para la adaptación al cambio climático” (RÍOS)**, liderados por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en coordinación con Fondo Golfo de México, A.C., Fondo Noroeste y Occidente, A.C., y, Fondo de Conservación El Triunfo, A.C.

El **“Manual de monitoreo comunitario del agua para cuencas ganaderas y agroforestales de Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz”** es una herramienta para que las personas beneficiarias de los proyectos puedan identificar el efecto de realizar actividades de restauración, conservación y mejores prácticas productivas sobre la salud de los ecosistemas acuáticos ubicados en el territorio de incidencia, particularmente, manantiales, arroyos, ríos, presones/bordos y lagos.

En este contexto, bajo un esquema comunitario se integra la evaluación de distintos parámetros físico-químicos, paisajísticos y biológicos que, en conjunto, brindan información en torno a la *calidad ecológica*; un enfoque que busca conocer qué elementos componen al ecosistema acuático, cómo funciona y si esto permite mantener tanto los procesos naturales como los beneficios para las personas o también llamados *servicios ecosistémicos*.

El Monitoreo Comunitario del Agua (MCA) de los proyectos CONECTA y RÍOS busca que las personas no sólo sean generadoras de información, si no que cuenten con herramientas que les permita interpretar sus resultados y que esto apoye una mejor toma de decisiones sobre el uso del territorio, la conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad.

El manual está **dirigido a las y los monitores comunitarios** y tiene el objetivo de guiar los ejercicios del MCA. Consta de tres secciones; en la primera se abordan ideas y conceptos sobre los cuales se basa el monitoreo, medidas generales de seguridad y una orientación para buenas prácticas. Por su parte, en la segunda sección se proporciona información de cada uno de los parámetros a evaluar, un desglose de los métodos paso a paso y algunas nociones para interpretar los resultados. Finalmente, la tercera sección incluye un glosario con palabras clave que se van abordando a lo largo del documento (marcadas en *itálica*) y un listado de la bibliografía consultada para la elaboración del documento.



Bella vista, Chihuahua

Foto: Victor Salinas

# 1. NOCIONES GENERALES

---

# 1.1 MONITOREO COMUNITARIO DEL AGUA

El Monitoreo Comunitario del Agua (MCA) es un **proceso en el que grupos locales** participan en la **observación y construcción de información** sobre la salud de los *ecosistemas acuáticos* a lo largo del tiempo.

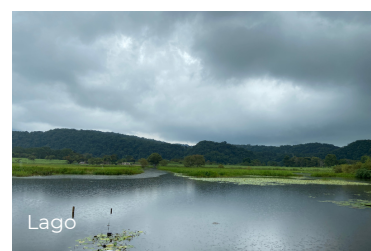
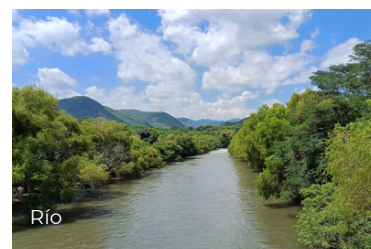
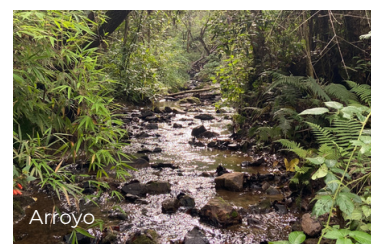
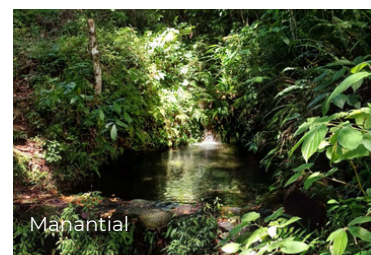
Dentro de los ecosistemas acuáticos podemos encontrar aquellos que presentan agua dulce, que incluye a los **cuerpos de agua lóticos** o de agua corriente, por ejemplo, *manantiales, arroyos y ríos*, y a los **lénticos**; aguas estancadas, como los *lagos*, e inclusive, sistemas artificiales como los *presones*, también llamados bordos.

Para llevar a cabo el monitoreo del agua se requiere el análisis de distintos elementos vivos y no vivos de los ecosistemas o como se mencionará a partir de este momento *parámetros*.

El presente esquema de MCA contempla parámetros que permiten evaluar la **calidad ecológica**; un enfoque centrado en la salud de los ecosistemas que busca conocer qué elementos lo componen, cómo funciona y si esto permite mantener tanto los procesos naturales como los beneficios para las personas. Para ello, se requiere el análisis periódico (secas y lluvias) de la calidad y cantidad del agua, del paisaje y de ciertos seres vivos acuáticos.

De tal manera, los parámetros se integran en tres grandes grupos: **físico-químicos, paisajísticos y biológicos**.

Los elementos por analizar dependen de si se pretende monitorear un cuerpo lótico o uno léntico, pues la dinámica ambiental que en ellos se presenta es diferente. En caso de los presones, cuyo fin es almacenar agua para la ganadería o irrigación, el análisis se centra en la *calidad del agua* requerida para el ganado, es decir, si el líquido es adecuado para el consumo de los animales, por lo que el número de parámetros incluidos cambia respecto al resto de cuerpos de agua, tal como se muestra en la siguiente tabla.



## EVALUACIÓN DE PARÁMETROS SEGÚN EL TIPO DE CUERPO DE AGUA Y FRECUENCIA DE MONITOREO

PARÁMETROS	CUERPOS DE AGUA		FRECUENCIA DE MONITOREO
	Lóticos <i>Ríos, arroyos y manantiales</i>	Lénticos <i>Lagos y presones</i>	
Físico-químicos	Temperatura	✓	✓
	pH	✓	✓
	Oxígeno disuelto	✓	✓
	Turbidez	✓	✓
	Nitratos	✓	✓
	Amonio	✓	✓
	Fosfatos	✓	✓
	Caudal	✓	
	Volumen de agua		✓
Paisajísticos	Calidad hidromorfológica	✓	
	Calidad del bosque de ribera	✓	✓ *
Biológicos	Bacterias coliformes totales	✓	✓
	Macroinvertebrados acuáticos	✓	✓

**Dos veces al año**

- Secas
- Lluvias

\* En cuerpos de agua lénticos la calidad del bosque de ribera se evalúa únicamente en lagos. En presones/bordos no se contempla el análisis de parámetros paisajísticos.

Las actividades a realizar en el MCA se llevan a cabo en dos componentes: **trabajo en campo** y **laboratorio comunitario**. El primero contempla evaluaciones que se realizan necesariamente en los *sitios de monitoreo* y el segundo integra pruebas físico-químicas y biológicas mediante el uso de “cajas de análisis”, mismas que pueden realizarse en el mismo sitio o posteriormente, en un lugar más cómodo para las y los monitores comunitarios.

### ACTIVIDADES INCLUIDAS EN EL MONITOREO COMUNITARIO DEL AGUA

Trabajo en campo	Laboratorio comunitario *
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Toma de temperatura ambiental y del agua.</li> <li>■ Toma de una muestra de agua.</li> <li>■ Análisis de pH.</li> <li>■ Toma de muestra para oxígeno disuelto y su fijación.</li> <li>■ Medición del caudal o volumen de agua.</li> <li>■ Evaluación de la calidad hidromorfológica.</li> <li>■ Evaluación de la calidad del bosque de ribera.</li> <li>■ Identificación de macroinvertebrados.</li> </ul>	Pruebas para: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Oxígeno disuelto</li> <li>■ Turbidez</li> <li>■ Nitratos</li> <li>■ Amonio</li> <li>■ Fosfatos</li> <li>■ Coliformes Totales</li> </ul>

\* Las pruebas incluidas en el laboratorio comunitario requieren llevarse a cabo el mismo día en el que se realizó la toma de la *muestra de agua* (ver procedimiento en la página 10).



# 1.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD Y GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS

Previo al desarrollo del MCA es importante que las y los monitores comunitarios tengan claridad en los parámetros que se van a evaluar, los materiales y equipos a utilizar, el itinerario de campo y las funciones de cada integrante de la brigada de monitoreo.

De igual manera, para prevenir daños al ambiente y a la salud de las personas es indispensable respetar las medidas de seguridad para el uso de las cajas de análisis y los procedimientos para almacenar y desechar correctamente los residuos que se generen.

A continuación, se presentan recomendaciones y lineamientos para un monitoreo del agua seguro y exitoso.



Foto: Juan Fernando Escobar

## RECOMENDACIONES PARA EL TRABAJO EN CAMPO

- Alistar los equipos y materiales necesarios para el trabajo en campo días previos al monitoreo.
- Elaborar un itinerario de campo que indique las fechas, horas y sitios que se van a monitorear y además contenga información general de las y los monitores, por ejemplo, alergias y contactos de emergencia.
- Portar ropa cómoda, gorro o sombrero y camisa de manga larga para protegerse del sol, botas de pesca o zapatos de agua e impermeable (en temporada de lluvias).
- Llevar consigo agua, refrigerios y un botiquín de emergencia.
- Siempre trabajar en equipo e informar a familiares, amigos y/o responsables el itinerario de campo.
- Si las condiciones climáticas no son favorables, no arriesgarse en campo. Es preferible cambiar el día del monitoreo.
- Una vez culminado el trabajo en campo, asegurarse de no olvidar equipos y materiales en los sitios, ni dejar basura.

La seguridad de las personas es prioritaria

## LINEAMIENTOS PARA EL LABORATORIO COMUNITARIO

- Mantener las cajas de análisis y recipientes para residuos en un lugar fresco y seco, donde no les de la luz directa del sol.
- Usar gafas, guantes de seguridad y cubrebocas al momento de realizar los procedimientos.
- Realizar los análisis en un lugar estable, donde no se corra riesgo de derramar sustancias que puedan ocasionar daños a las personas y al ambiente.
- Evitar que los reactivos entren en contacto con la piel, ojos, nariz y boca.
- Los reactivos marcados con el símbolo de atención (⚠) requieren de una mayor precaución al momento de su uso. Es importante tener a la mano las hojas de seguridad de los reactivos para saber qué medidas tomar ante un incidente.
- Una vez culminadas las pruebas es importante desechar correctamente los residuos y realizar la limpieza de los materiales utilizados (ver procedimiento en la página 8).

### USO DE TÉCNICAS ADECUADAS

- Enjuagar los materiales antes y después de cada prueba.
- Cuando se utilicen los reactivos, sostener los recipientes verticalmente boca abajo y no inclinados. Para añadir el reactivo gota a gota apretar el recipiente suavemente.
- Al momento de mezclar o enjuagar, usar las tapas correspondientes para cada recipiente, nunca usar los dedos.
- Cerrar muy bien todos los recipientes inmediatamente después de su uso.



## LINEAMIENTOS PARA EL LABORATORIO COMUNITARIO

### DESECHO DE RESIDUOS

Algunos reactivos utilizados en las pruebas físico-químicas requieren que tanto su uso como su desecho se realice con especial precaución. Este es el caso de las pruebas de **oxígeno disuelto, nitratos, amonio y fosfatos**.

Se contará con botellas de plástico para los residuos que se generen una vez terminadas las pruebas anteriormente mencionadas. Dichas botellas serán resguardadas y posteriormente, deberán ponerse a disposición de empresas o laboratorios certificados que cuentan con protocolos especiales para la disposición final de estas sustancias. Para ello, es indispensable seguir las siguientes medidas:

- Colocar una etiqueta a las botellas de residuos indicando el nombre de la prueba y los reactivos que incluye.
- Usar guantes, lentes de protección y cubrebocas al momento de manejar los residuos.
- Almacenar las botellas de residuos fuera del alcance de niños y/o mascotas, en un sitio fresco, sin exposición directa al sol ni a fuentes de calor o fuego.
- No mezclar residuos de pruebas. Cuidar que las sustancias se depositen en su respectiva botella.
- Verificar que las botellas se encuentren cerradas correctamente para evitar derrames o fuga de gases.

En el caso de las pruebas de **turbidez** y **pH** no se hace uso de reactivos con potencial para generar daños a la salud del ambiente o de las personas. Por esta razón, los desechos serán depositados directamente en la red de drenaje o en su defecto, se buscará un terreno totalmente alejado de cuerpos de agua y vegetación donde se puedan descartar estos residuos. Esta última alternativa será posible **exclusivamente para las pruebas de pH y turbidez**.

No tirar ninguna sustancia en los sitios de monitoreo. Se recomienda llevar un recipiente pequeño para transportar los residuos generados en campo hasta un lugar donde se pueda desechar correctamente.

Finalmente, los residuos de la prueba de bacterias coliformes totales, que incluye un tubo de ensayo con el agua de la muestra y las sustancias contenidas en una “tableta” (ver método en la página 61), deberán descartarse directamente en la basura, verificando que los tubos se encuentren bien cerrados.

## LIMPIEZA DE MATERIALES

Una vez desechados los residuos de cada una de las pruebas, es necesario realizar la limpieza del material para evitar que los análisis posteriores se alteren debido a la contaminación de los recipientes.

La limpieza se llevará a cabo en todo el material que entró en contacto con el agua del sitio analizado, incluyendo los tubos de ensayo, las botellas para toma de muestra, goteros o cucharas dentro de las cajas de análisis.

Para el procedimiento de limpieza se utilizará agua embotellada y ácido clorhídrico en baja concentración (10 %); una sustancia que puede causar irritación al contacto con la piel, por tal, es indispensable el uso de guantes, lentes de seguridad y cubrebocas en todo momento.

Es recomendable contar con una charola o recipiente de plástico donde se puedan vaciar los sobrantes de los enjuagues (agua y ácido clorhídrico) para, una vez terminado el proceso de limpieza, desecharlos en el drenaje o en su defecto, en un terreno totalmente alejado de los cuerpos de agua y vegetación.

1. Agregar un poco de agua embotellada a los recipientes o materiales y enjuagar.

Enjuagar siempre con las tapas para que el material completo quede limpio.

2. Destapar con cuidado el ácido clorhídrico, lejos de ojos, boca y nariz. Con ayuda de una pipeta de plástico tomar una medida (una pipeta) de la sustancia.
3. Agregar el ácido al recipiente y enjuagar.
4. Nuevamente agregar un poco de agua embotellada y enjuagar.
5. Guardar el material seco en su respectiva caja de análisis.



Foto: Karla Rivera

## 2. MÉTODOS DE MONITOREO

---

# 2.a TOMA DE UNA MUESTRA DE AGUA

Las pruebas físico-químicas y de bacterias coliformes totales requieren de un poco de agua del sitio de monitoreo, por lo cual es necesario **tomar una muestra de agua**.

Este procedimiento deberá ser el primer paso a realizar al llegar a los sitios de monitoreo para evitar que la muestra de agua se altere por la actividad de las y los monitores comunitarios.

## EQUIPO Y MATERIALES

- Botella de polietileno de 250 mL o 500 mL.
- Plumón indeleble

## PROCEDIMIENTO

### Toma de muestra en cuerpos de agua lóticos

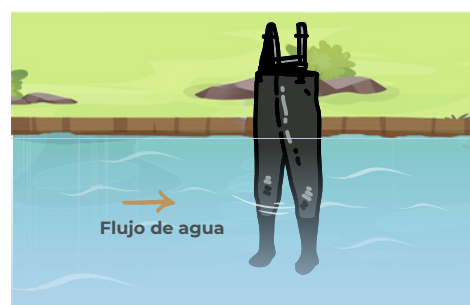
**1.** Con el plumón indeleble etiquetar la botella con el nombre del sitio y la fecha de monitoreo.

**2.** Situarse en una zona donde el **agua fluya libremente** y sin turbulencias. **Colocarse en dirección contraria al flujo de agua.**

**3.** **Enjuagar** la botella 3 veces.

Desechar el agua de enjuague aguas abajo.

**4.** **Sumergir la botella cerrada** con la boca apuntando en dirección al flujo de agua a una profundidad aproximada de 15 cm, inclinar, destapar y dejar que se llene de agua hasta el cuello de la botella. **Cerrar la botella mientras se encuentra sumergida.**



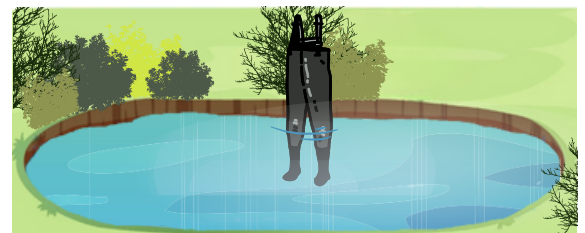
## PROCEDIMIENTO

### Toma de muestra en cuerpos de agua lénticos

**1.** Con el plumón indeleble etiquetar la botella con el nombre del sitio y la fecha de monitoreo.

**2.** Situarse preferentemente en el centro del cuerpo de agua.

En cuerpos extensos puede requerirse de una balsa. Asimismo, en ciertos presones se corre el riesgo de que las y los monitores se queden atascados en el fondo, por lo que la muestra deberá tomarse en la orilla.



**3.** **Enjuagar** la botella 3 veces.

Desechar el agua de enjuague en un punto diferente al de la toma de muestra.

**4.** **Sumergir la botella cerrada** a una profundidad aproximada de 15 cm, inclinar, destapar y **dejar que se llene** de agua hasta el cuello de la botella. **Cerrar la botella mientras se encuentra sumergida.**



## 2.1. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Estos parámetros describen propiedades físicas y químicas que permiten conocer la *calidad del agua*. Su monitoreo representa una fotografía del instante en el que se toma la *muestra de agua*, es decir, las características del agua en ese preciso momento.

Los valores de los parámetros físico-químicos se relacionan con las características naturales de las *cuencas hidrográficas*, como la composición de la tierra, clima, ubicación y elevación o por cambios que acompañan a las estaciones climáticas (invierno, primavera, verano y otoño) y a las temporadas de secas y lluvias.

Las actividades humanas pueden modificar dichos valores naturales, ya sea de manera directa o indirecta. La primera forma incluye alteraciones evidentes en los cuerpos de agua, como las desviaciones de agua mediante mangueras o tuberías, represamientos, *canalizaciones*, disminución o eliminación de la *vegetación de ribera*, las descargas de *aguas residuales*, entre otras. Por su parte, las indirectas se relacionan con actividades que se realizan en amplias superficies del terreno, por ejemplo, el uso de un exceso de agroquímicos o la deforestación.



Foto: Priscila Mendoza



## 2.1.1 TEMPERATURA

La temperatura es una medida que nos dice que tan caliente o frío se encuentra algo. En los ecosistemas acuáticos este parámetro varía a lo largo del día y la noche, así como entre las estaciones del año. También puede cambiar entre sitios debido al clima, la cobertura de la *vegetación de ribera* y la entrada de aguas subterráneas.

La temperatura es muy importante pues interviene en la capacidad para que minerales y gases se puedan disolver en el agua. Además, regula el metabolismo de la vida acuática; muchos organismos adaptan sus ciclos de vida para nacer, crecer, madurar y reproducirse de acuerdo con los cambios en la temperatura del agua a lo largo del año.

Algunas actividades humanas pueden provocar cambios en la temperatura del agua, particularmente cuando:

- Se deforesta la zona de ribera.
- Hay represamientos en cuerpos de agua corriente.
- Se descargan *aguas residuales* sin tratamiento.
- La pérdida de suelo (*erosión*) provoca que los sedimentos lleguen al cuerpo de agua, absorbiendo más calor.

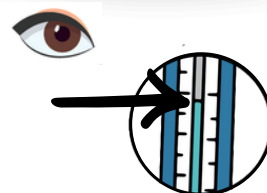
MÉTODO	RANGO DETECTADO POR LA PRUEBA
Medición de la temperatura con un "termómetro blindado"	-5 a 45 °C. Incrementos cada 0.5 °C

### EQUIPO Y MATERIALES

- Termómetro blindado

### PROCEDIMIENTO

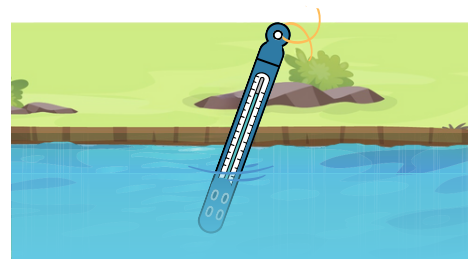
1. Colocar el termómetro en un lugar bajo sombra fuera del agua y esperar a que la lectura se estabilice (5 minutos). Posterior a este tiempo, observar el valor que marca la línea color turquesa en la escala del termómetro. Registrar el dato arrojado como **temperatura ambiental**.



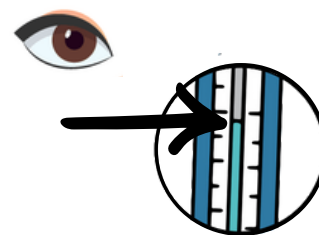
## PROCEDIMIENTO

2. **Sumergir el termómetro** directamente en el cuerpo de agua (aproximadamente 4 cm).

Para evitar que el termómetro se pierda, se sugiere **atar una cuerda** al mismo y asegurarla en la muñeca de la persona.



3. Mantener el termómetro en el agua y **esperar 5 minutos**. Posterior a este tiempo, observar el valor que marca la línea color turquesa en la escala del termómetro.



4. **Registrar** el resultado como temperatura del agua en **grados centígrados (°C)**.



## INTERPRETACIÓN

De manera general, la temperatura del agua en lugares templados se encuentra en el rango de 0 a 25 °C, mientras que en lugares desérticos puede superar los 40 °C, siendo este el límite de tolerancia de la mayoría de los organismos acuáticos.

En la normatividad mexicana se considera el **límite máximo permisible de 35 °C**, tanto para cuerpos de agua lóticos como lénticos, de este modo se previenen daños a los ecosistemas y a su biodiversidad.

## 2.1.2 pH

El pH (potencial de hidrógeno) hace referencia a las condiciones de acidez o alcalinidad del agua. Se expresa en una escala que va de 0 a 14, donde 7 se considera neutro, lo que significa que el agua no es ni ácida ni alcalina, valores menores a 7 indican acidez y mayores a 7 alcalinidad (entre más bajo o más alto el valor, más ácida o alcalina es el agua).

El pH varía de manera natural conforme al tipo de rocas y vegetación de ribera en las cuencas. De esta manera, la vida acuática se encuentra adaptada para vivir en el rango de pH característico de la región.

Este parámetro puede alterarse respecto a sus condiciones naturales cuando:

- Hay un desmonte, cambio o pérdida de la vegetación de ribera, ya que las hojas de ciertas especies de plantas, al descomponerse, pueden aumentar o disminuir los valores de pH.
- Se sacan materiales del cuerpo de agua, como *rocas*, *arena* y *grava*, los cuales ayudan a controlar los cambios de pH.
- Existen descargas de aguas residuales sin tratamiento.
- Existe un incremento de nutrientes que provoca el sobrecrecimiento de algas y plantas, quienes por medio de la *fotosíntesis* aumentan el pH.

MÉTODO	RANGO DETECTADO POR LA PRUEBA
Caja de análisis para prueba de pH	3.0-10.5. Incrementos cada 0.5 unidades

### EQUIPO Y MATERIALES

- Solución indicadora de pH de rango amplio
- 2 tubos de ensayo (10 mL) con tapón
- 1 barra indicadora de pH con rango de 3.0 a 6.5
- 1 barra indicadora de pH con rango de 7.0 a 10.5
- 1 visor para pH

### PROCEDIMIENTO

1.

Enjuagar el tubo de ensayo 3 veces con agua de la muestra y posteriormente llenar hasta la línea de 10 mL.

Enjuagar siempre con los respectivos tapones para que el material completo quede limpio.



## PROCEDIMIENTO

2.

Añadir 10 gotas del indicador de pH de rango amplio.



3.

Tapar y mezclar.



4.

Observar el color de la muestra e **identificar la barra comparadora** que presente un tono de **color similar**.

5.

Introducir la barra comparadora en el visor.



6.

Insertar el tubo de ensayo en el visor de pH y **comparar el color de la muestra con el de la barra comparadora**.

Para comparar, **colocar el visor contraluz**, de preferencia apuntando hacia un fondo blanco.



7.

Registrar el valor asociado al color como **unidades de pH**.



## INTERPRETACIÓN

Valores de pH entre **6.5 y 8.0 se consideran los más adecuados** para el desarrollo óptimo de la mayoría de los organismos acuáticos, mientras que **valores menores a 5 y mayores a 9 pueden ocasionar su muerte.**

## 2.1.3 OXÍGENO DISUELTO

El oxígeno es un gas que está presente en la atmósfera (aire) o disuelto en el agua y es un elemento vital para la respiración de los seres vivos terrestres y acuáticos.

El oxígeno se puede disolver en el agua por medio de la *fotosíntesis* de organismos acuáticos, como plantas, algas o bacterias, o por el movimiento del agua, por ejemplo, en los ríos el golpeteo del agua con las rocas favorece que el oxígeno del aire entre al agua.

Las actividades humanas pueden alterar este parámetro respecto a sus condiciones naturales cuando:

- Existe una contaminación por descargas de aguas residuales, lo cual provoca el crecimiento de bacterias que consumen el oxígeno disponible en el cuerpo de agua.
- Existe una gran cantidad de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que desencadenan la *eutrofización* del cuerpo de agua y con ello un consumo excesivo del oxígeno presente.
- Se reduce el movimiento del agua por la existencia de presas o muros dentro de los ríos; al ser menor el movimiento del agua, también es menor la cantidad de oxígeno de la atmósfera que puede entrar al agua.

## MÉTODO

Caja de análisis para prueba de oxígeno disuelto

## RANGO DETECTADO POR LA PRUEBA

0-10 mg/L. Incrementos cada 0.2 unidades

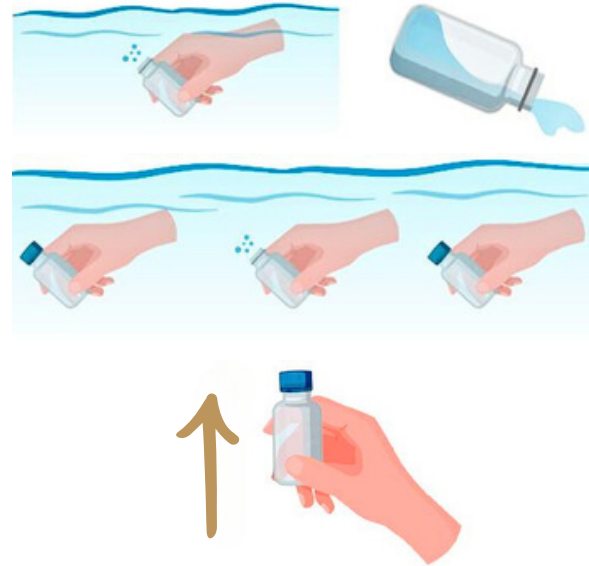
## EQUIPO Y MATERIALES

- Frasco para la muestra de agua
- Tubo de ensayo ancho con tapa
- Valorador
- Solución de sulfato manganeso ⚠
- Solución alcali-yoduro-azida de potasio ⚠
- Ácido sulfúrico ⚠
- Tiosulfato de sodio ⚠
- Solución indicadora de almidón ⚠

## PROCEDIMIENTO

### Toma de una muestra de agua

1. **Enjuagar** 3 veces el frasco para la muestra con agua del sitio.
2. Sumergir bajo el agua el frasco cerrado, inclinar, destapar y **llenar por completo**. Eliminar cualquier burbuja de aire que se haya generado dando ligeros golpes en la base y costados del frasco. Cerrar el frasco mientras se encuentra sumergido y sacar del agua.



### Fijación de la muestra

3. Colocar el frasco en un lugar estable, por ejemplo, en el orificio correspondiente dentro de la caja de análisis, destapar e inmediatamente añadir **8 gotas de sulfato manganeso** al frasco.
4. Añadir **8 gotas de álcali-yoduro-azida de potasio** al frasco.
5. Tapar el frasco y mezclar invirtiéndolo varias veces.
6. Reposar el frasco y **esperar 2 minutos** hasta que se forme un sedimento en la parte baja del frasco.
7. Añadir **8 gotas ácido sulfúrico**.



## PROCEDIMIENTO

- 8.** Tapar el frasco y mezclar hasta que el sedimento desaparezca (esto puede tardar si el agua tiene una temperatura fría).

La muestra tomará un **color amarillo claro o naranja** (lo cual indica que hay oxígeno).

Si la muestra no tomó un color amarillo o naranja posiblemente los valores de oxígeno en el agua sean muy bajos. De ser el caso, no realizar el paso 11 en el análisis de la muestra.



### Análisis de la muestra

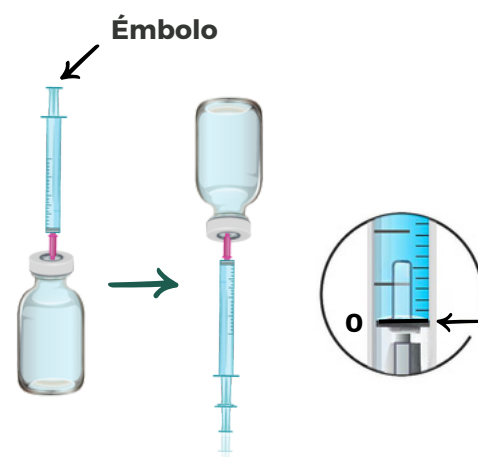
- 9.** Llenar el tubo de ensayo ancho **hasta la marca de 20 mL** con agua del frasco y tapar.



- 10.** Llenar el valorador con tiosulfato de sodio:
- Presionar el émbolo del valorador por completo.
  - Insertar la punta del valorador en el orificio del recipiente de tiosulfato de sodio.
  - Invertir el contenedor de tiosulfato con el valorador y lentamente jalar el émbolo hasta que la anilla grande del valorador quede en la marca de cero (0).

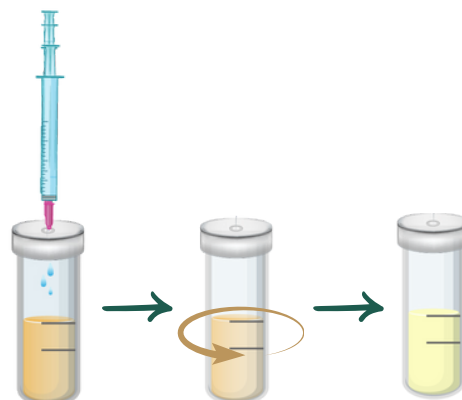
Si aparecen burbujas de aire en el valorador, expulsarlas llenando y devolviendo la solución al contenedor de tiosulfato hasta que la burbuja desaparezca.

- Una vez lleno el valorador, girar el contenedor de tiosulfato boca arriba y retirar el valorador.



**PROCEDIMIENTO**

**11.** Insertar la punta del valorador en la tapa del tubo de ensayo y **añadir unas cuantas gotas de tiosulfato de sodio**, retirar el valorador y mezclar con movimientos circulares para evitar que la sustancia se derrame. Repetir este procedimiento hasta obtener un color amarillo pálido. Una vez obtenido este color, retirar el valorador con cuidado y **sin modificar la posición del émbolo**.



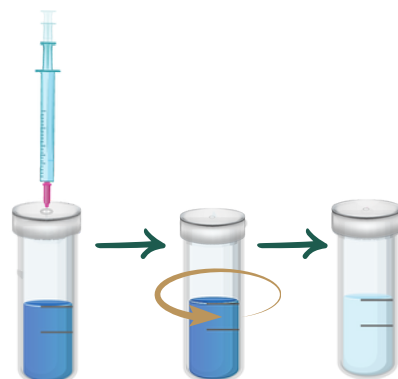
**12.** Retirar la tapa del tubo de ensayo y añadir **8 gotas del indicador de almidón**. La muestra tomará un color azul. Tapar el tubo y mezclar circularmente.

Si la muestra no tomó un color azul, probablemente se añadió demasiado tiosulfato de sodio en el paso anterior. Si es el caso, repetir el análisis desde el paso 9.



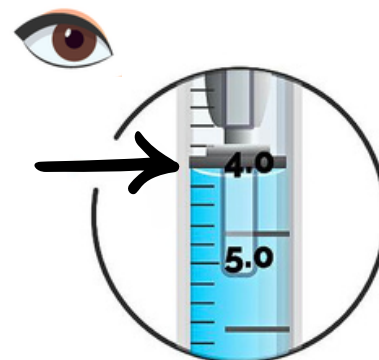
**13.** Insertar nuevamente la punta del valorador en el tubo de ensayo. **Añadir unas cuantas gotas de tiosulfato de sodio**, retirar el valorador y mezclar circularmente. Repetir este procedimiento hasta que la muestra sea **transparente**.

Si la solución de tiosulfato de sodio del valorador se agota antes de que el color cambie, rellenar el valorador como se indica en el paso 10 y volver al paso 13.



**14.** Leer el resultado de la prueba directamente en la escala del valorador, donde la anilla del émbolo se junta con la solución restante de tiosulfato de sodio.

Si se rellenó el valorador, sumar 10 al valor que marque la anilla del valorador.





## PROCEDIMIENTO

15.

Registrar como **miligramos sobre litro (mg/L)** de oxígeno disuelto.



## INTERPRETACIÓN

Cuando la concentración de oxígeno disuelto se encuentra por **debajo de los 5.0 mg/L la vida acuática corre riesgo**. Al llegar a niveles **menores a 2 mg/L** se alcanzan condiciones de **anoxia** (carencia de oxígeno) y algunos organismos, como ciertos peces e invertebrados, no pueden sobrevivir.

## 2.1.4 TURBIDEZ

La turbidez se refiere a la pérdida de transparencia del agua debido a la presencia de sedimentos o microorganismos suspendidos en el agua.

Cuando la turbidez es elevada se dificulta la penetración de luz solar al cuerpo de agua y con ello se impide el desarrollo de algas y plantas acuáticas, quienes producen oxígeno. Un exceso de sedimentos también puede obstruir las branquias de peces o sofocar los huevos presentes en el fondo del agua. Asimismo, los materiales suspendidos eventualmente se depositan en el fondo de los cuerpos de agua, provocando el cambio en los cursos de agua o el *azolvamiento* de lagos o presones.

La turbidez del agua puede aumentar cuando:

- Hay un desmonte, cambio o pérdida de la *vegetación de ribera* que provoca que el suelo sea arrastrado por el viento y la lluvia hacia los cuerpos de agua.
- El paso del ganado remueve los sedimentos.
- Existen descargas de *aguas residuales* sin tratamiento.

## MÉTODO

Caja de análisis para prueba de turbidez

## RANGO DETECTADO POR LA PRUEBA

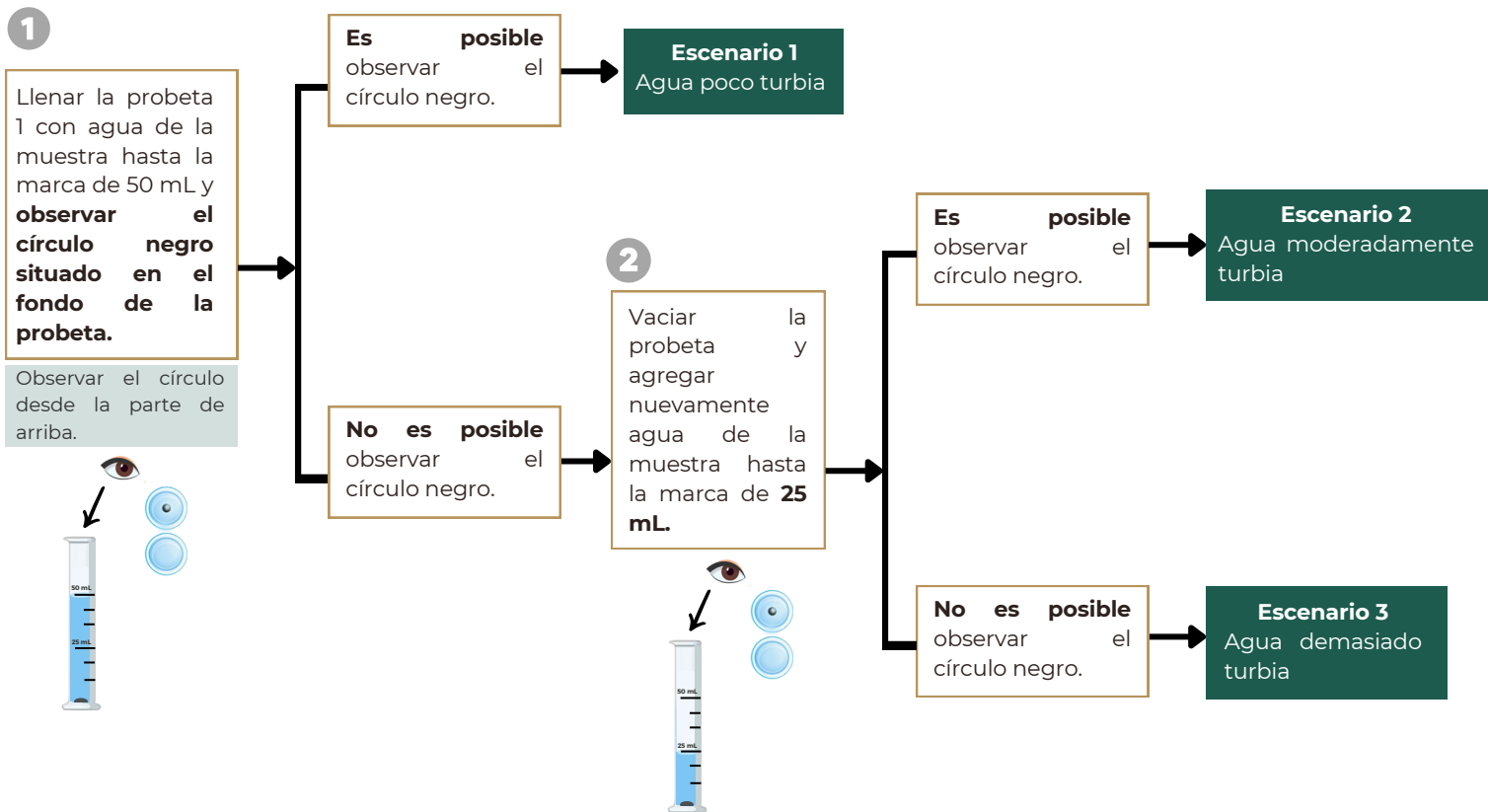
0-10,000 JTU (Unidades de Turbidez de Jackson)

## EQUIPO Y MATERIALES

- 2 probetas para medir turbidez
- 1 agitador
- Reactivo de turbidez
- 1 pipeta de 0.5 mL
- Agua embotellada

## PROCEDIMIENTO

Antes de comenzar la prueba, determinar si el agua de la muestra es poco, moderadamente o demasiado turbia, para lo cual:



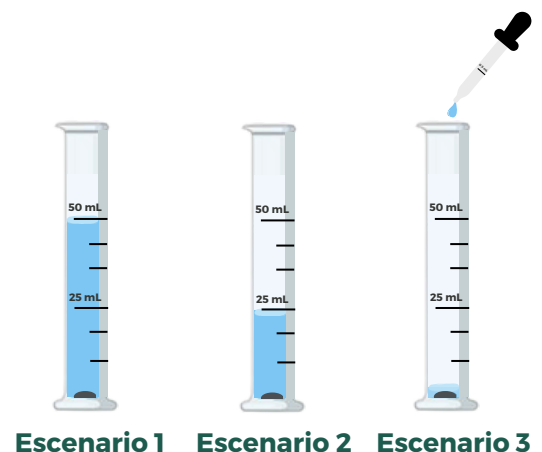
**1.** Una vez determinado el escenario de turbidez, agregar agua de la muestra a la probeta 1 con base en lo siguiente:

**Escenario 1.** Llenar hasta la línea de **50 mL.**

**Escenario 2.** Llenar hasta la línea de **25 mL.**

**Escenario 3.** Con ayuda del gotero agregar **0.5 mL** de agua de la muestra y posteriormente, llenar hasta la línea de **25 mL con agua embotellada.**

Enjuagar el gotero con agua embotellada antes y después de su uso.

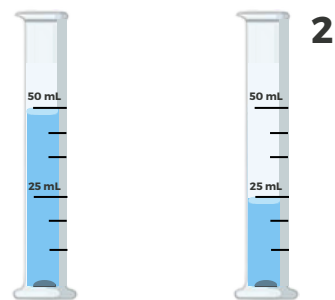


## PROCEDIMIENTO

- 2.** Llenar la probeta 2 con agua embotellada según el escenario de turbidez:

**Escenario 1:** llenar hasta la marca de **50 mL**.

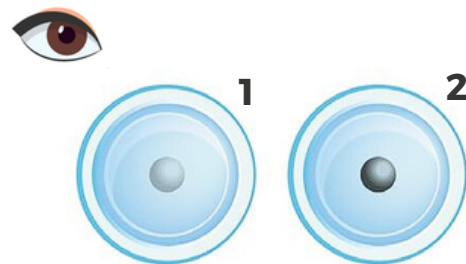
**Escenario 2 y 3:** llenar hasta la marca de **25 mL**.



Escenario 1 Escenario 2 y 3

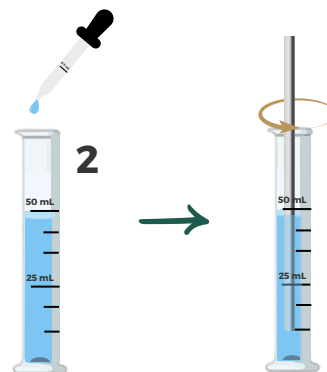
- 3.** Colocar ambas probetas juntas (1 y 2) y **observar la nitidez del círculo negro**.

- Si la nitidez es igual en ambas probetas, la turbidez es igual a cero. **Registrar como 0 JTU.**
- Si la nitidez es diferente en ambas probetas **continuar con el paso 4.**



- 4.** Agitar el reactivo de turbidez y llenar el gotero hasta la marca de **0.5 mL**.

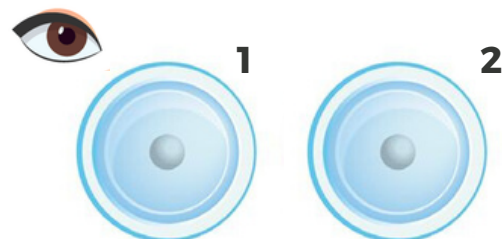
- 5.** Añadir el reactivo a la probeta 2 (agua embotellada) y mezclar con el agitador.



- 6.** Comparar la nitidez en ambas probetas.

Si la nitidez es diferente en ambas probetas, repetir los paso 4 y 5 hasta que la nitidez en ambas probetas se asemeje.

Registrar el número de veces que se añade el reactivo.



- 7.** Obtener el **grado de turbidez** de acuerdo con la siguiente tabla:

**RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DEL REACTIVO DE TURBIDEZ AGREGADO Y EL GRADO DE TURBIDEZ**

Número de medidas de 0.5 mL	Cantidad añadida (mL)	Escenario 1 50 mL	Escenario 2 25 mL	Escenario 3 25 mL
1	0.5	5 JTU	10 JTU	500 JTU
2	1.0	10 JTU	20 JTU	1,000 JTU
3	1.5	15 JTU	30 JTU	1,500 JTU
4	2.0	20 JTU	40 JTU	2,000 JTU
5	2.5	25 JTU	50 JTU	2,500 JTU
6	3.0	30 JTU	60 JTU	3,000 JTU
7	3.5	35 JTU	70 JTU	3,500 JTU
8	4.0	40 JTU	80 JTU	4,000 JTU
9	4.5	45 JTU	90 JTU	4,500 JTU
10	5.0	50 JTU	100 JTU	5,000 JTU
11	5.5	55 JTU	110 JTU	5,500 JTU
12	6.0	60 JTU	120 JTU	6,000 JTU
13	6.5	65 JTU	130 JTU	6,500 JTU
14	7.0	70 JTU	140 JTU	7,000 JTU
15	7.5	75 JTU	150 JTU	7,500 JTU
16	8.0	80 JTU	160 JTU	8,000 JTU
17	8.5	85 JTU	170 JTU	8,500 JTU
18	9.0	90 JTU	180 JTU	9,000 JTU
19	9.5	95 JTU	190 JTU	9,500 JTU
20	10.0	100 JTU	200 JTU	10,000 JTU

**8.**

Registrar el resultado como **Unidades de Turbidez de Jackson (JTU)**.



**INTERPRETACIÓN**

En ríos, arroyos y manantiales de las cuencas se han encontrado valores de turbidez de **0 a 30 JTU**. Mientras que en presones se han registrado hasta **2,000 JTU**. En el caso del agua para el ganado, se recomienda que la turbidez no supere las **30 JTU**, pues el exceso de sedimentos puede ocasionar que el ganado disminuya su consumo de agua o en casos severos, que actúe como un laxante.

## 2.1.5 NITRATOS

Los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) son una forma de nitrógeno que está presente de manera natural en el suelo y el agua. Se originan a partir de la actividad de microorganismos que descomponen restos animales y vegetales transformándolos en amonio, posteriormente en nitritos y finalmente en nitratos.

La contaminación del agua por nitratos puede provocar la *eutrofización* del cuerpo de agua, proceso que ocurre cuando el exceso de nutrientes (nitrógeno y fósforo) promueve el crecimiento de algas y plantas que al morir son descompuestas por las bacterias, quienes regresan los nutrientes al agua, pero al hacerlo consumen el oxígeno disponible, asfixiando al resto de seres vivos acuáticos.

El incremento en la cantidad de nitratos respecto a sus valores naturales puede deberse a:

- Un uso excesivo de fertilizantes en la agricultura.
- La descarga de *aguas residuales* sin tratamiento.

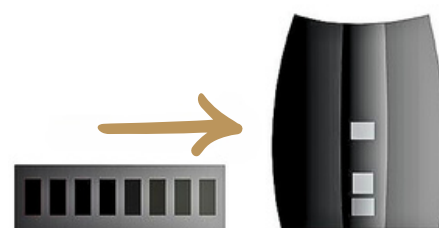
MÉTODO	RANGO DETECTADO POR LA PRUEBA
Caja de análisis para prueba de nitratos	0-10 mg/L. Incrementos cada 0.2 unidades

### EQUIPO Y MATERIALES

- Reactivo ácido mixto ⚠
- Reactivo reductor de nitratos ⚠
- Cuchara de plástico de 0.1 gr
- 2 tubos de ensayo (10 mL) con tapón
- Gotero de plástico de 0.5 mL
- Visor para nitratos
- 1 barra comparadora de nitratos
- Agua embotellada

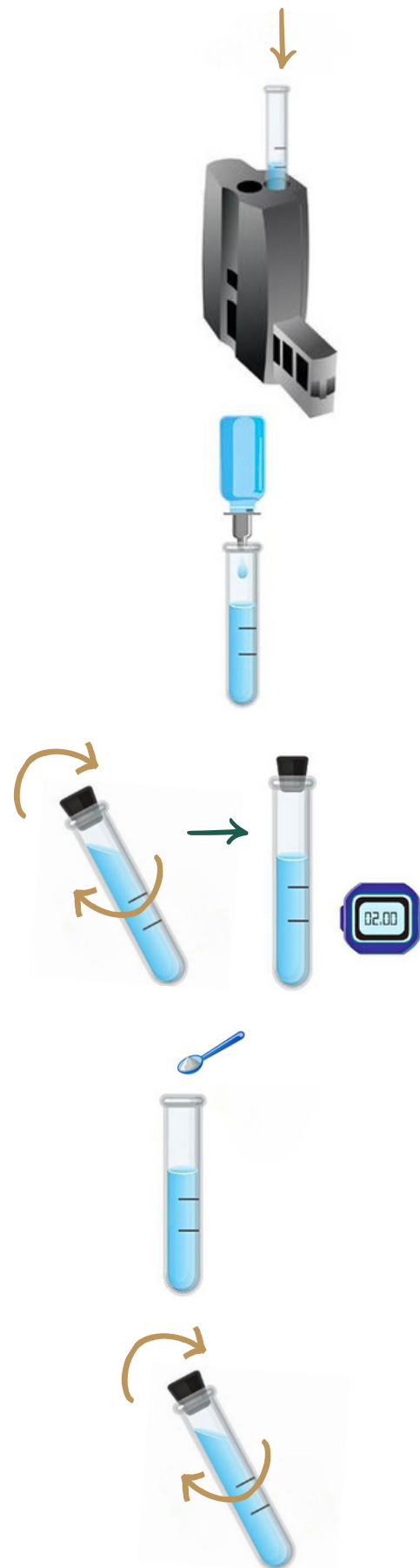
### PROCEDIMIENTO

1. Insertar la barra comparadora en el visor.



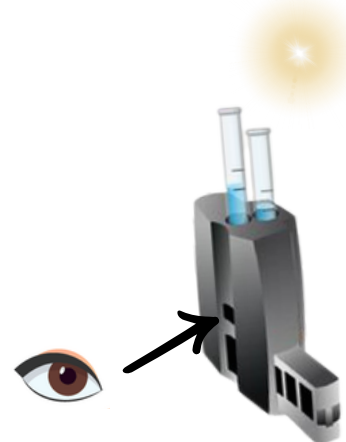
## PROCEDIMIENTO

2. Llenar el **tubo de ensayo 2 con agua de la muestra** hasta la marca de 10 mL e insertarlo en el **orificio trasero del visor**.
3. **Enjuagar 3 veces el tubo de ensayo 1** con agua de la muestra y posteriormente **llenar hasta la marca de 5 mL**.
4. Añadir al tubo de ensayo 1 el **reactivo ácido mixto hasta alcanzar la línea de 10 mL**.
5. Tapar y mezclar.
6. Reposar y esperar 2 min.
7. Con la cuchara **añadir una medida al raz del reactivo reductor de nitratos**.
8. Tapar el tubo y **mezclar durante 1 minuto**.



## PROCEDIMIENTO

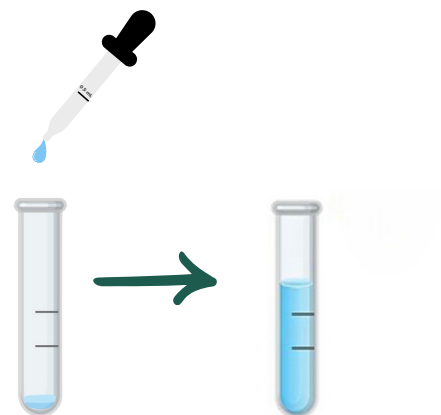
- 9.** Reposar el tubo y **esperar 10 minutos.**
- 10.** Retirar la tapa del tubo 1 y colocar el tubo en el orificio delantero del visor.
- 11.** **Comparar el color de la muestra** con un estándar de color según la barra comparadora para nitratos.
- Se sugiere inclinar levemente los tubos hacia la luz, observar el color que se refleja en la “ventana” del visor y comparar con los colores de la barra.
- 12.** Registrar el valor asociado al color de la barra como **mg/L de nitratos.**



## PROCEDIMIENTO

### Dilución de la muestra

13. Utilizar el gotero para añadir 0.5 mL de agua de la muestra al tubo 1.
14. Añadir agua embotellada al tubo 1 hasta alcanzar la línea de 5 mL.
15. Seguir las indicaciones del paso 4 al 12.



**Si se realizó la dilución de la muestra**, al comparar el color con la barra **multiplicar el resultado por 10** y registrar el valor como mg/L de nitrato.

### INTERPRETACIÓN

En cuerpos de agua lóticos y lénticos de las cuencas la concentración de nitratos se ha encontrado entre **0 y 6 mg/L**, asociándose este último valor a sitios con intensa actividad agrícola, reflejando un **uso excesivo de agroquímicos**.



## 2.1.6 AMONIO

El amonio es una forma de nitrógeno ( $\text{NH}_4^+$ ) que proviene de la descomposición de restos de plantas y animales o de sus desechos (orina y heces).

Aunque el amonio no es una sustancia tóxica para la vida acuática, el incremento en la temperatura del agua y del pH facilitan que este se transforme en amoníaco ( $\text{NH}_3^+$ ), el cual puede ser tóxico en altas concentraciones.

El incremento en la cantidad de amonio puede deberse a:

- Descargas de *aguas negras* sin tratamiento.
- La presencia de animales que orinan y defecan en el cuerpo de agua.
- Una alta cantidad de algas y plantas en descomposición.




### MÉTODO

Caja de análisis para prueba de amonio

### RANGO DETECTADO POR LA PRUEBA

0-10 mg/L. Incrementos cada 0.05, 0.15, 0.25 y 0.5 unidades

### EQUIPO Y MATERIALES

- Salicilato de amonio #1 
- Salicilato de amonio #2 
- Salicilato de amonio #3 
- 2 tubos de ensayo con tapón
- 1 barra comparadora de nitrógeno amoniacal para agua dulce (3441-01-FW)
- 1 visor para amonio

### PROCEDIMIENTO

1. Insertar la **barra comparadora 3441-01-FW** en el visor.

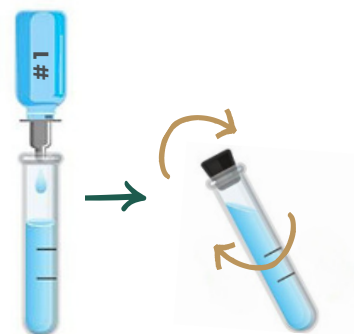


2. **Enjuagar un tubo** de ensayo 3 veces con agua de la muestra y posteriormente llenarlo hasta la línea de 5 mL.



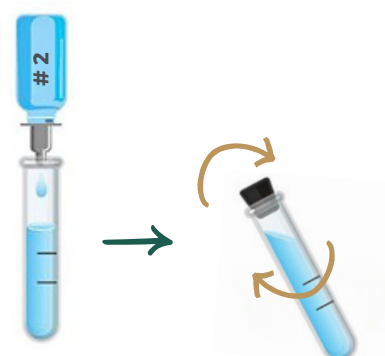
## PROCEDIMIENTO

**3.** Añadir **10 gotas** de **salicilato de amonio número 1**.



**4.** Tapar y mezclar.

**5.** Añadir **7 gotas** del reactivo de **salicilato de amonio número 2**.

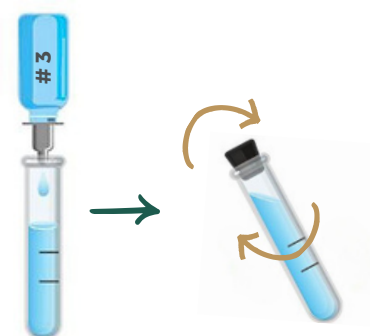


**6.** Tapar y mezclar.

**7.** Reposar y **esperar 1 min.**



**8.** Añadir **7 gotas** del reactivo **salicilato de amonio número 3**.



**9.** Tapar y mezclar.

**10.** Reposar y **esperar 20 minutos.**



## PROCEDIMIENTO

11. Insertar el tubo en el visor.



12. **Comparar el color** de la muestra con un estándar de color según la barra comparadora para encontrar una similitud.

Si el **color de la muestra es más intenso que el máximo valor de la barra**, enjuagar el tubo 1 y proceder al paso 14.



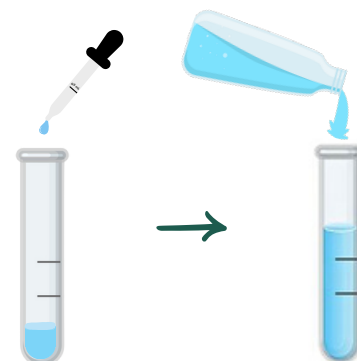
13. Registrar como **mg/L de amonio**.



## Dilución de la muestra

14. Con el gotero **añadir 1 mL de agua de la muestra al tubo 1**.

Utilizar el gotero incluido en la caja de análisis de nitratos. Enjuagarlo con agua embotellada antes y después de su uso.



15. Añadir **agua embotellada** al tubo 1 hasta alcanzar la **línea de 5 mL**.

## PROCEDIMIENTO

- 16.** Seguir indicaciones a partir del paso 3.

**Si se realizó la dilución de la muestra**, al comparar el color con la barra **multiplicar el resultado por 5** y registrar el valor como mg/L de amonio.

### INTERPRETACIÓN

En ríos, arroyos y manantiales de las cuencas la concentración de amonio se ha encontrado entre **0 y 1 mg/L**, mientras que en presones/bordos entre **0.05 y 2 mg/L**. Los valores más altos de amonio se han registrado en sitios con **descargas de aguas residuales sin tratamiento** y/o evidencia de **ganado que defeca cerca o dentro del cuerpo de agua**.

## 2.1.7 FOSFATOS

Los fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) son sales que se encuentran de manera natural en el suelo y el agua. Estos nutrientes provienen de las rocas, minerales y la descomposición de desechos animales y restos vegetales.

Aunque los fosfatos son esenciales para el crecimiento de algas y plantas acuáticas, su exceso en el agua puede desencadenar un proceso de *eutrofización*, afectando a la vida acuática.

Las actividades humanas pueden provocar el incremento de fosfatos en el agua cuando:

- Se utilizan fertilizantes fosfatados en exceso que son arrastrados hacia los cuerpos de agua.
- Se realizan descargas de aguas residuales hacia los cuerpos de agua.
- Detergentes y otros productos de limpieza son vertidos a los cuerpos de agua.

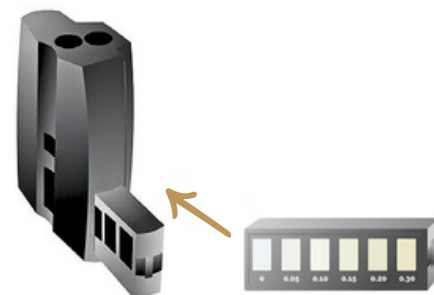
MÉTODO	RANGO DETECTADO POR LA PRUEBA
Caja de análisis para prueba de fosfatos	0-2 mg/L. Incrementos cada 0.2 unidades

### EQUIPO Y MATERIALES

- Reactivo ácido de fosfato ⚠
- Reactivo reductor de fosfato ⚠
- 2 tubos de ensayo (10 mL) con tapón
- 1 gotero de 1 mL
- 1 cuchara de 0.1 gr
- 1 visor para fosfatos
- 1 barra comparadora para fosfatos

### PROCEDIMIENTO

**1.** Insertar la barra comparadora en el visor.



**2.** Llenar el **tubo de ensayo 2** con agua de la **muestra** hasta la marca de **10 mL** e insertarlo en el **orificio trasero del visor**.



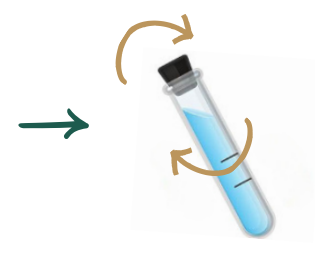
**3.** Enjuagar 3 veces el **tubo de ensayo 1** con agua de la muestra y posteriormente **llenar hasta la marca de 10 mL**.



**4.** Usar el gotero para añadir **1 mL de reactivo ácido de fosfato** al tubo 1.



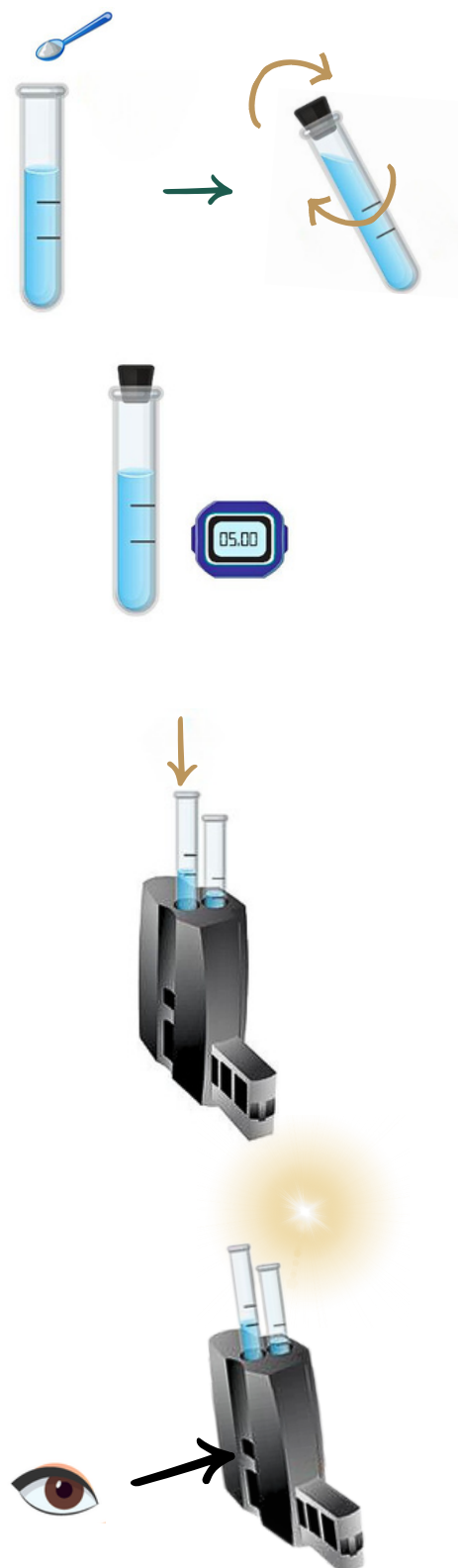
**5.** Tapar el tubo y **mezclar**.



## PROCEDIMIENTO

6. Con la cuchara **añadir una medida al raz del reactivo reductor de fosfatos.**
7. Tapar el tubo y mezclar hasta disolver por completo.
8. Reposar el tubo y **esperar 5 minutos.**
9. Retirar la tapa del tubo 1 y colocar el tubo en el orificio delantero del visor.
10. **Comparar el color** de la muestra con un estándar de color según la barra comparadora

**Observar** el color que se refleja en la “ventana” del visor y comparar con los colores de la barra. Se sugiere inclinar levemente los tubos hacia la luz en caso de ser necesario.



## PROCEDIMIENTO

- 15.** Registrar como **mg/L de fosfatos**.



## INTERPRETACIÓN

En ríos, arroyos y manantiales de las cuencas la concentración de fosfatos se ha encontrado entre **0 y 0.8 mg/L**, mientras que en presones/bordos entre **0.05 y 0.6 mg/L**. Los valores más altos de fosfatos se han registrado en sitios con evidencia de **contaminación por aguas residuales sin tratamiento**, en especial por el aporte de **detergentes** (comúnmente se observa espuma en el agua).

## 2.1.8 CAUDAL

El caudal es la cantidad de agua que fluye cada segundo en cuerpos de agua corriente, como ríos, arroyos y manantiales, y se expresa en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) o litros por segundo (L/s).

El caudal puede variar en los cuerpos de agua según la temporada; en secas los aportes son principalmente por aguas subterráneas, mientras que en lluvias por la precipitación. Esto es importante para la vida acuática, pues muchos organismos adaptan su ciclo de vida de acuerdo con los cambios en la cantidad de agua que fluye en lluvias y secas.

El caudal puede alterarse de sus condiciones naturales cuando:

- Existen extracciones o desviaciones de los *cauces* por medio de mangueras o canales.
- Se construyen presas que modifican la cantidad del agua y la velocidad con la que fluye debido a que se favorece la infiltración al subsuelo y la evaporación.

## MÉTODO

Medición del caudal con un flotador

## EQUIPO Y MATERIALES

Flotador. Se recomienda el uso de un bote pequeño de plástico con tapa. En caso de ser necesario, se puede llenar con un poco de agua para darle peso.

- Cronómetro
- Cinta métrica
- Tubo de pvc graduado cada 5 cm

## PROCEDIMIENTO

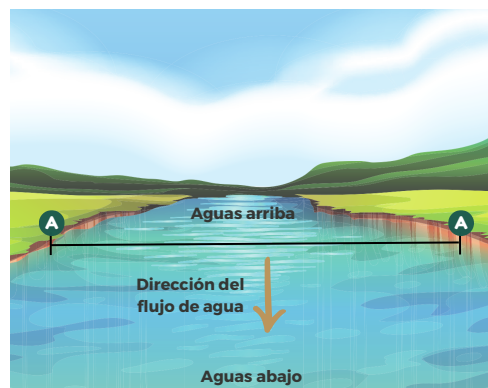
Seleccionar un punto del cuerpo de agua en donde el **agua fluya libremente**, con el fondo lo más uniforme posible (sin rocas grandes) y evitando zonas de rápidos o pozas.

1. Medir el ancho total del cauce con la cinta métrica desde el límite del agua en la orilla derecha hasta el límite del agua en la orilla izquierda (línea A-A) y **anotar el valor en metros**.
2. Sin mover la posición de la cinta, **dividir el ancho total del río en secciones**. El ancho de las secciones dependerá del ancho total del río, de acuerdo con la siguiente tabla:

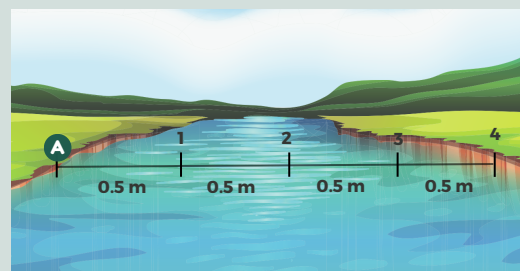
Ancho total del río	Ancho de las secciones
Menor a 1 metro	10 centímetros (0.1 metros)
Menor a 5 metros	50 centímetros (0.5 metros)
Menor a 20 metros	1 metro
Mayor a 20 metros	2 metros
Mayor a 40 metros	5 metros

**100 centímetros= 1 metro**

Dividir entre 100 el valor de centímetros para registrar el dato en metros.



**Ejemplo.** Si el ancho total del río es de 2 metros se tendrán 4 secciones, cada una con un ancho de 50 cm (0.5 metros).

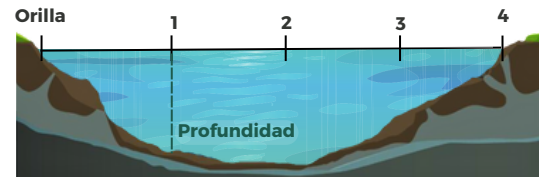


La suma del ancho de las secciones deberá dar como resultado el mismo valor del ancho total del río.



## PROCEDIMIENTO

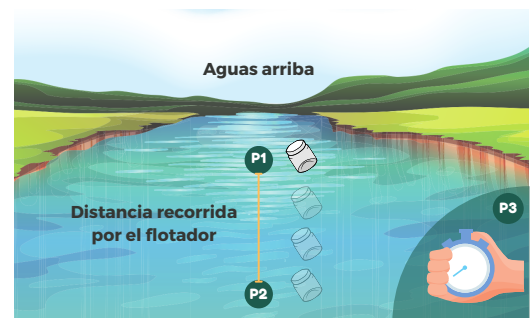
**3.** Con el tubo graduado medir la **profundidad** en cada sección, incluyendo las orillas. **Anotar el valor en metros.**



**4.** Elegir un tramo del río en el que el flotador pueda desplazarse fácilmente desde un punto arriba de la línea A-A a un punto B (aguas abajo). Una persona (P1) deberá colocarse aguas arriba de la línea A-A (donde se midió el ancho total del cauce) y otra persona (P2) aguas abajo de la línea A-A. Medir la distancia que recorrerá el flotador (distancia entre ambas personas) con la cinta métrica.

La distancia que separe a las personas dependerá del tamaño del cuerpo de agua y de que el flotador pueda desplazarse libremente. En pequeños manantiales o arroyos es suficiente una distancia menor a 1 metro, mientras que en ríos de gran tamaño bastará con 3 o 5 metros máximo.

**5.** La persona 1 deberá soltar el flotador para que la persona 2 lo detenga. Una tercera persona (P3) deberá colocarse fuera del agua y con ayuda del cronómetro registrará el **tiempo que tarda en recorrer el flotador** del punto A al B. **Registrar el tiempo en segundos.**



Antes de comenzar se recomienda hacer una prueba para verificar que el flotador pueda recorrer el tramo libremente.

**6.** **Repetir** el ejercicio de registrar el tiempo que tarda en recorrer el flotador del punto A al B **7 veces.**

**7.** De los 7 valores de tiempo tachar **tanto el más alto como el más bajo** y tomar en cuenta sólo los 5 datos restantes.

**PROCEDIMIENTO**

**8.** Con los datos registrados, determinar el caudal realizando los siguientes cálculos:

$$\text{Área de cada sección} = \frac{\text{Profundidad } 1 + \text{Profundidad } 2 \times \text{ancho de la sección}}{2}$$

$$\text{Área total} = \text{área de la sección 1} + \text{área de la sección 2} + \text{área de la sección...n}$$

$$\text{Promedio del tiempo} = \frac{\text{tiempo 1} + \text{tiempo 2} + \text{tiempo 3} + \text{tiempo 4} + \text{tiempo 5}}{5}$$

$$\text{Velocidad del agua} = \frac{\text{Distancia recorrida por el flotador}}{\text{Promedio del tiempo}}$$

$$\text{Caudal} = \text{Área total} \times \text{Velocidad del agua}$$

**9.** Registrar el resultado como **metros cúbicos sobre segundo (m<sup>3</sup>/s)**.



## 2.1.9 VOLUMEN DE AGUA

El volumen de agua se refiere a la cantidad del líquido almacenado en un cuerpo de agua léntico, como los lagos o presones/bordos. Se expresa como metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de agua o litros (L). Este volumen depende de la cantidad de lluvia que llega al cuerpo de agua, del aporte de agua subterránea y de la cantidad que se evapora o se infiltra al subsuelo.

Este parámetro puede modificarse como consecuencia de algunas actividades humanas cuando:

- Existe deforestación que provoca la pérdida de suelo por acción del viento o la lluvia (erosión), siendo arrastrado a los cuerpos de agua provocando su *azolvamiento*. De esta manera disminuye su capacidad para almacenar agua y se favorece la evaporación.
- El ganado compacta el suelo, erosiona las orillas de los cuerpos de agua o remueve los sedimentos del fondo aumentando la turbidez del agua y con ello, aumenta su temperatura y favorece la evaporación.
- Se extrae o desvía el agua de manera excesiva.
- Se sufre una modificación en los patrones de lluvias y secas debido al impacto del Cambio Climático.

### MÉTODO

Cálculo del volumen a partir del modelo de medio elipsoide

### EQUIPO Y MATERIALES

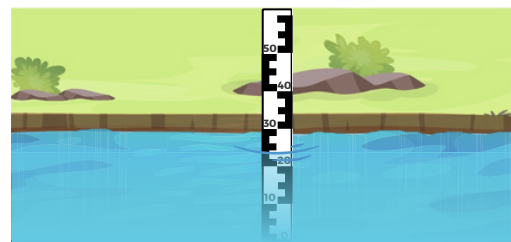
- Regleta graduada
- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Cinta métrica

### PROCEDIMIENTO

#### Instalación de la regleta

La regleta graduada permitirá **conocer la profundidad del agua**. Esta deberá permanecer fija en el sitio de monitoreo.

- Instalar la regleta en el centro del cuerpo de agua, siempre y cuando las condiciones de acceso sean seguras. De lo contrario, instalar en el sitio que sea posible.

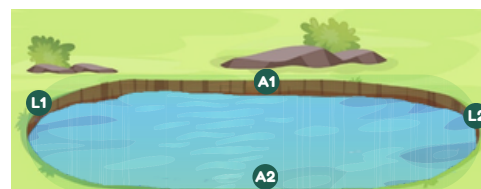


Por seguridad se recomienda **realizar la instalación en temporada de secas**.

## PROCEDIMIENTO

### MÉTODO A. Cuerpos de agua con longitud y ancho menores a 50 metros

1. Ubicar la zona más larga y más ancha del cuerpo de agua y sus 4 extremos:
  - **Largo 1** (L1)
  - **Largo 2** (L2)
  - **Ancho 1** (A1)
  - **Ancho 2** (A2)



2. Una persona se colocará en un extremo del cuerpo de agua (L1) sujetando el inicio de la cinta métrica (valor 0).

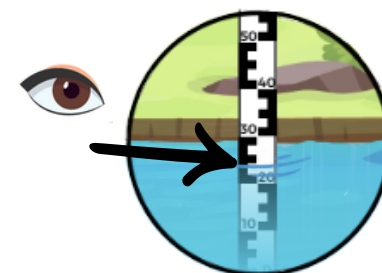
3. La segunda persona caminará con la cinta métrica hasta el otro extremo (L2) para medir el **largo del cuerpo de agua**.

Por seguridad se recomienda rodear el cuerpo de agua para llegar de un extremo a otro.



4. Repetir el paso 2 y 3 para medir el **ancho del cuerpo de agua** con los extremos A1 y A2. Registrar las **distancias en metros**.

5. Observar en la escala de la regleta el **nivel que alcanza el agua**. Registrar como **profundidad en metros**.

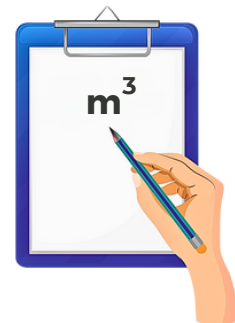


6. Con los datos registrados, determinar el volumen de agua realizando el siguiente cálculo:

$$\text{Volumen} = \frac{1.33 \times 3.1416 \times \left(\frac{\text{Largo}}{2}\right) \times \left(\frac{\text{Ancho}}{2}\right) \times \text{Profundidad}}{2}$$

## PROCEDIMIENTO

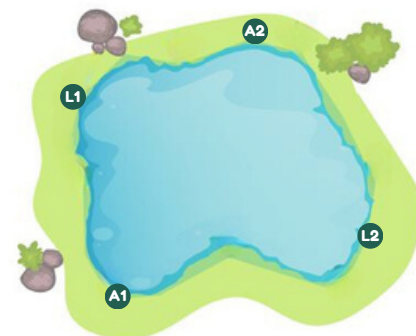
7. Registrar el volumen de agua en **metros cúbicos (m<sup>3</sup>)**.



**MÉTODO B.** Cuerpos de agua con longitud y ancho mayor a 50 metros

## TRABAJO EN CAMPO

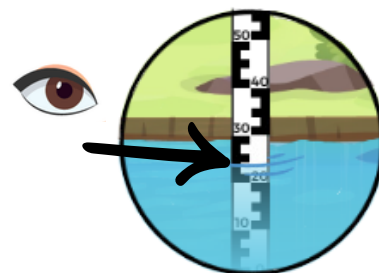
1. Ubicar la zona más larga y ancha del cuerpo de agua y sus 4 extremos:
- **Largo 1 (L1)**
  - **Largo 2 (L2)**
  - **Ancho 1 (A1)**
  - **Ancho 2 (A2)**



2. Con ayuda de un GPS, **tomar las coordenadas** en cada uno de los 4 extremos: **L1, L2, A1, A2**.



3. Observar en la escala de la regleta el **nivel que alcanza el agua**. Registrar como **profundidad en metros**.

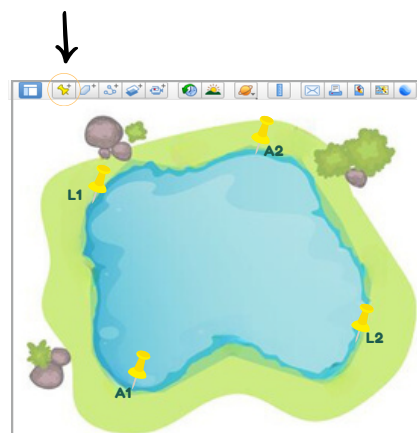


**PROCEDIMIENTO**

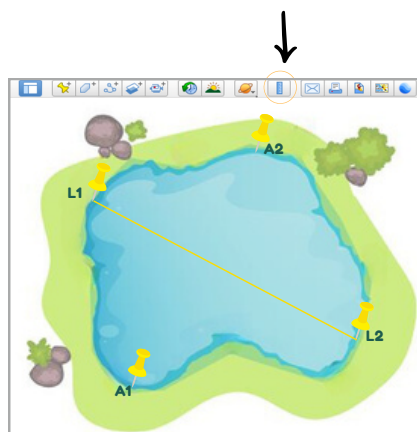
**TRABAJO EN COMPUTADORA**

**4.** Utilizar el programa "Google Earth" e **ingresar las coordenadas** de la siguiente manera:

Seleccionar el ícono de "posición" (símbolo de tachuela) en el panel superior e ingresar el nombre "L1" y sus coordenadas. Repetir este paso con el resto de extremos.



**5.** Seleccionar el ícono de "regla" en el panel superior, **dar clic en el punto "L1"** y un segundo **clic en el punto "L2"**. En la ventana de regla aparecerá el valor de la distancia entre los puntos, es decir, el **largo del cuerpo de agua. Registrar** el valor en **metros**.



**6.** Repetir el paso anterior seleccionando los puntos "A1" y "A2" para obtener el **ancho del cuerpo de agua. Registrar** el valor en **metros**.

**7.** Con los datos registrados, determinar el volumen de agua realizando el siguiente cálculo:

$$\text{Volumen} = \frac{1.33 \times 3.1416 \times \left(\frac{\text{Largo}}{2}\right) \times \left(\frac{\text{Ancho}}{2}\right) \times \text{Profundidad}}{2}$$

**8.** Registrar el volumen de agua en **metros cúbicos (m³)**.

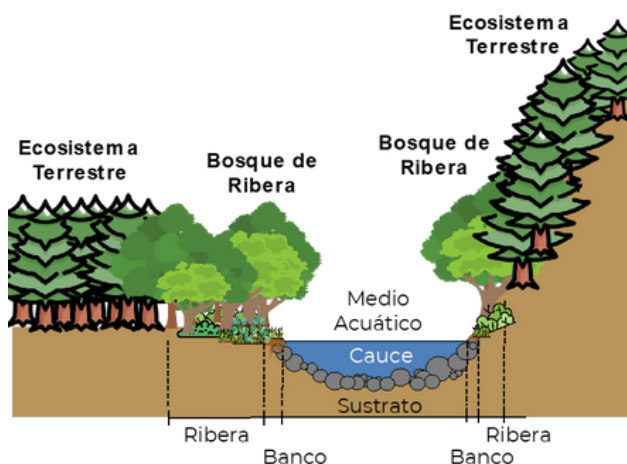


## 2.2 PARÁMETROS PAISAJÍSTICOS

El *paisaje* se refiere al conjunto de elementos vivos y no vivos que se pueden observar en un área determinada, incluyendo montañas, ríos, árboles, rocas, carreteras, campos de cultivo, potreros, entre otros. Para poder evaluar los parámetros del paisaje incluidos en el monitoreo comunitario del agua (calidad hidromorfológica y calidad del bosque de ribera) es necesario reconocer ciertas partes de los cuerpos de agua:

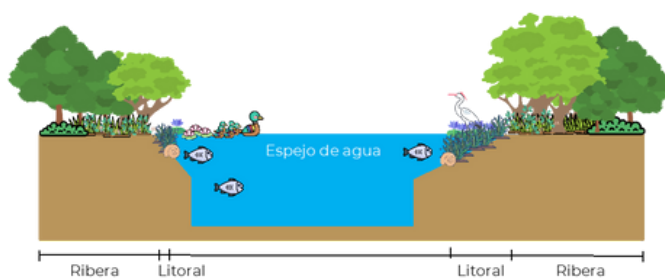
### Ríos, arroyos y manantiales

- **Cauce:** espacio por donde fluye el agua.
- **Sustratos:** materiales que se pueden encontrar en el fondo del cauce (p.ej. arenas y gravas).
- **Bancos:** áreas elevadas de tierra presentes a los lados del cuerpo de agua. Suelen estar expuestos durante la época de secas e inundarse cuando ocurren lluvias muy fuertes.
- **Ribera:** terreno a los lados del cuerpo, es una zona de transición entre el medio acuático y el terrestre. En esta zona crece el bosque de ribera, formado por plantas que están adaptadas a condiciones húmedas y pueden sobrevivir a periodos de inundación.



### Lagos

- **Espejo de agua:** superficie con agua. Debido a que normalmente el agua se encuentra sin o con muy poco movimiento, crea la apariencia de un espejo que refleja el cielo, la vegetación, las montañas u otros elementos cercanos.
- **Litoral:** zona de la orilla de los lagos que experimenta fluctuaciones en los niveles del agua. En esta zona se suele desarrollar la vegetación acuática emergente que está fija en el fondo.
- **Ribera:** terreno que rodea al cuerpo de agua, es una zona de transición entre el medio acuático y el terrestre.



## 2.2.1 CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA

Cuando el agua fluye de manera natural en cuerpos de agua corriente modifica la forma del paisaje y de sus componentes, también llamados hidromorfológicos, como el cauce del río, los sustratos, la profundidad del agua y la vegetación de ribera. Estos son muy importantes pues brindan las condiciones para que la vida acuática se pueda desarrollar.

En una evaluación de la calidad hidromorfológica se observa y califica el grado de modificación de dichos componentes. En este sentido, esta calidad puede disminuir cuando:

- Hay un desmonte, cambio o pérdida de la vegetación de ribera.
- Se sacan sustratos del cuerpo de agua como *rocas, arenas, gravas y lodos*.
- Existen actividades agrícolas y ganaderas en la zona de ribera.
- Se canaliza el curso de agua.
- Hay desviaciones de agua para el abastecimiento local o para transportar el líquido a otras zonas.
- Existen represamientos que modifican la velocidad con la que fluye el agua.

### MÉTODO

Para esta evaluación se utiliza una adaptación al **índice de calidad hidromorfológica HYQI** (por sus siglas en inglés) (Carmona-Jiménez et al., 2021); un protocolo que califica 12 aspectos hidromorfológicos divididos en tres bloques:

1. Calidad de la cuenca
2. Características hidrológicas
3. Alteraciones humanas

El índice tiene un total de 120 puntos, 40 para cada sección. De acuerdo con esto, se pueden presentar cinco categorías de calidad hidromorfológica:

CATEGORÍA DE CALIDAD HIDROMORFOLÓGICA	PUNTAJE
Muy buena	100 a 120 puntos
Buena	Entre 85 y 99 puntos
Media	Entre 47 y 84 puntos
Mala	Entre 13 y 46 puntos
Muy mala	12 puntos o menos



## CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN

### Elección del tramo a evaluar

Para la evaluación, el primer paso es determinar un tramo de 20 metros a lo largo del cuerpo de agua (manantiales, arroyos y ríos) y se identificará la ribera derecha e izquierda siempre viendo río abajo (hacia donde fluye el agua).

### BLOQUE 1. CALIDAD DE LA CUENCA

En este bloque se evalúa el porcentaje de vegetación de ribera nativa, el nivel de erosión de los *bancos del río*, la diversidad de sustratos, como *cantos, arenas, gravas y raíces sumergidas*, y el porcentaje de la zona de ribera en el que se desarrolla agricultura y/o ganadería.

#### 1.1. Cobertura vegetal

Evaluar el porcentaje de *especies nativas* en cada ribera (derecha e izquierda).

Esta vegetación se encuentra adaptada a las condiciones particulares de cada región, como la temperatura, la humedad y el tipo de suelo.



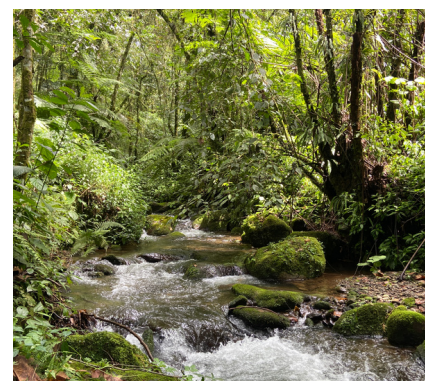
Muy poco



Poco



Mucho



Casi todo o todo

### 1.2. Estabilidad del banco

Evaluar el porcentaje de los *bancos* con signos de erosión o pérdida de suelo. Cuando en los bancos de los ríos se cuenta con un sustrato firme y/o vegetación de ribera en buen estado se habla de un banco estable. Por el contrario, cuando las actividades humanas se desarrollan en las riberas se suele observar la presencia de sedimento fino y suelto, con la ausencia de vegetación, resultando en bancos erosionados.



Muy poco



Poco



Mucho



Casi todo o todo

### 1.3. Materiales en el río

Observar la diversidad de materiales en el fondo de los ríos, por ejemplo: cantos (rocas grandes), grava (rocas pequeñas), arena, lodo, raíces sumergidas y/o plantas acuáticas. Contar con una variedad de materiales ayuda al buen funcionamiento de los ríos, ya que facilitan la oxigenación del agua, la infiltración al subsuelo, moderan las velocidades con las que fluye el agua y sirven de alimento y refugio para la vida acuática.



4 o más tipos



3 tipos



2 tipos



1 tipo

### 1.4. Desarrollo de ganadería y agricultura en la zona de ribera

Evaluar el porcentaje de la zona de ribera con actividad ganadera y agrícola.

Cuando no se respetan los límites de las riberas se favorece la compactación y pérdida del suelo, así como la contaminación del agua, por ejemplo, mediante la entrada de un exceso de nutrientes al agua provenientes del uso de fertilizantes o de heces fecales del ganado.



Muy poco



Poco



Mucho



Casi todo o todo

## BLOQUE 2. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

En este bloque se presta atención a cómo circula el agua, particularmente si se observan presas que interrumpen el flujo del agua, los tipos de velocidad y profundidad del agua, la existencia de *canalizaciones* y/o desviaciones, y la cantidad de agua que cubre los cauces.

### 2.1. Presencia de presas

Determinar la presencia o ausencia de presas aguas arriba del tramo evaluado (a menos de 1 km). Pueden ser desde pequeñas construcciones con costales de arena hasta las grandes obras de ingeniería que retienen una cantidad importante de agua.

Cuando el flujo de agua es detenido por presas se afecta la disponibilidad del líquido aguas abajo. Asimismo, debido a la disminución del movimiento del agua se favorece un aumento en la temperatura y la disminución del oxígeno disuelto.



## 2.2. Tipos de velocidad-profundidad del agua

Determinar la cantidad de combinaciones entre zonas profundas o poco profundas con velocidades rápidas o lentas.

En condiciones naturales el flujo del agua moldea el paisaje, permitiendo que se generen zonas más profundas que otras y también zonas en que el agua fluya más rápido o lento. Estas zonas permiten que exista una diversidad de organismos acuáticos que puedan elegir aquellas condiciones que sean favorables para crecer, alimentarse o reproducirse.



Rápido-profundo



Rápido-poco profundo



Lento-profundo



Lento- poco profundo

## 2.3. Canalizaciones y/o desviaciones de agua

Determinar la ausencia o presencia y dimensión de canalizaciones y desviaciones de agua.

Cuando existen mangueras o ductos para transportar el agua de un lugar a otro se afecta la cantidad de agua. Por su parte, las canalizaciones influyen en la forma de los cursos y la velocidad con la que fluye el agua.



Canalizaciones y/o desviaciones menores



Gran parte del río canalizado y/o con varias desviaciones



Río totalmente canalizado y/o totalmente desviado

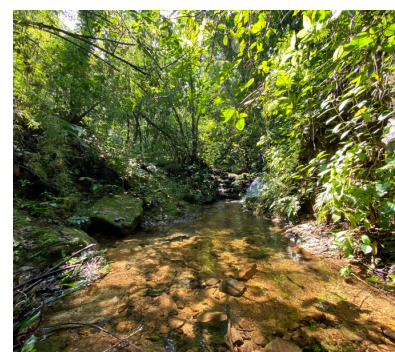
## 2.4. Cantidad de agua en el río

Evaluar el porcentaje de sustrato del fondo que se encuentra expuesto, es decir, que el agua no alcanza a cubrir.

La cantidad de agua en los arroyos y ríos varía de manera natural a lo largo del año; sin embargo, cuando se realiza una extracción excesiva del agua se altera la dinámica del cuerpo de agua e inclusive se puede llegar a secar.



Sustrato muy poco expuesto



Sustrato poco expuesto



Sustrato medianamente expuesto



Casi todo o todo el sustrato expuesto

## BLOQUE 3. ALTERACIONES HUMANAS

En este bloque se evalúa el impacto de las actividades humanas en el territorio observando la presencia o ausencia de descargas de aguas residuales, la intensidad y el número de actividades, así como evidencia de contaminación por basura y/o escombros.

### 3.1 Descargas de aguas residuales directas al río

Determinar la presencia o ausencia de descargas directas de aguas residuales, ya sea visibles en el tramo evaluado o que se encuentren a menos de 1 km aguas arriba.

Las descargas de aguas negras o grises provenientes de las casas suelen ser muy evidentes, caracterizándose por el mal olor y la apariencia jabonosa del agua. Estas aguas contaminan con bacterias y parásitos que pueden causar daño a la salud, no solo de los seres humano, también de la vida acuática, además de aportar elementos que pueden provocar la *eutrofización* de los cuerpos de agua.



### 3.2. Intensidad de las actividades humanas

Evaluar el porcentaje del tramo evaluado (incluyendo la zona de ribera y zona terrestre) que es utilizado para el desarrollo de actividades humanas.



### 3.3. Número de actividades humanas

Determinar el número de actividades humanas que se desarrollan en el tramo evaluado (incluyendo la zona de ribera y zona terrestre)

El número e intensidad de las actividades, como la ganadería, agricultura, piscicultura, turismo, extracción de materiales pétreos o los asentamientos humanos suele modificar drásticamente el paisaje y con ello afectar el funcionamiento de los cuerpos de agua.



### 3.4. Presencia de basura y/o escombros

Determinar la presencia o ausencia de residuos humanos, como basura y escombros.

La basura orgánica, inorgánica, sanitaria o de escombros no solo afecta la belleza de los cuerpos de agua, sino que son una fuente de contaminación que puede conllevar riesgos a la salud de los seres humanos y la vida acuática.



## 2.2.2 CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA

Los cuerpos de agua superficiales poseen en sus márgenes una franja de vegetación que se conoce como *bosque de ribera* o boque de galería.

Esta vegetación tiene un papel muy importante en los ecosistemas acuáticos, regulando la temperatura del agua, actuando como zona de refugio y/o alimento para la vida acuática, evitando la erosión de las orillas del cuerpo de agua y funcionando como un filtro para retener sedimentos y contaminantes.

Algunas actividades humanas pueden afectar la calidad del bosque de ribera, particularmente cuando:

- Hay un desmonte, cambio o pérdida de la vegetación de ribera.
- Existe una alteración en los tipos de vegetación, disminuyendo la variedad de árboles, arbustos y hierbas; característica comúnmente asociada con ciertos tipos de plantaciones forestales donde sólo se cuenta con árboles.
- Se introducen especies vegetales que no son originarias de la zona.

### MÉTODO

Para este parámetro se utiliza una adaptación al protocolo de **evaluación de la calidad del bosque de ribera-CBR** (Munné et al., 1998), el cual se compone de cuatro bloques:

1. Grado de cobertura de la vegetación
2. Estructura de la vegetación de la zona de ribera
3. Calidad de la vegetación en la zona de ribera
4. Naturalidad del cauce del río/Naturalidad del espejo de agua

En cada bloque se realizan preguntas que determinan la calificación del bloque, la cual es de máximo 25 y mínimo 0.

El protocolo brinda la posibilidad de sumar o restar puntos adicionales a estos límites. Sin embargo, se deberá anotar el valor más cercano dentro del rango permitido (0-25 puntos).

La suma de los cuatro bloques proporciona el puntaje total de la calidad del bosque de ribera, donde el valor máximo es 100 y el mínimo 0. De acuerdo con esto, se pueden presentar cinco categorías de calidad del bosque de ribera:

CATEGORÍA DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA	PUNTAJE DEL ÍNDICE CBR
<b>Muy buena</b>	91 a 100 puntos
<b>Buena</b>	Entre 75 y 90 puntos
<b>Media</b>	Entre 55 y 74 puntos
<b>Mala</b>	Entre 30 y 54 puntos
<b>Muy mala</b>	Entre 0 y 29 puntos

## CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN

### Elección del tramo a evaluar

- Ríos, arroyos y manantiales. En el sitio de monitoreo considerar un tramo de 20 metros a lo largo del cuerpo de agua e identificar la ribera derecha e izquierda viendo aguas abajo (hacia donde fluye el agua).
- Lagos. Considerar toda la orilla del espejo de agua.

### Tipos de vegetación

Para efectos de la evaluación considerar tres tipos de vegetación: hierbas, arbustos y árboles, de acuerdo con las siguientes características:

- **Hierbas:** plantas que crecen a raz del suelo, su tallo es suave y suelen tener una altura menor a 20 cm.
- **Arbustos:** plantas que se ramifican cerca de la base, con un tallo suave o leñoso y con una altura normalmente mayor a 20 cm de altura.

En este tipo de vegetación se incluirán a los árboles jóvenes y a los helechos.

- **Árboles:** plantas que no se ramifican en la base, con un tronco leñoso y cuyo diámetro suele ser mayor a 7.5 cm.

En este tipo de vegetación se incluye a los helechos arborescentes y al bambú debido a su forma de crecimiento.



## BLOQUE 1. GRADO DE COBERTURA DE LA VEGETACIÓN

En este bloque se evalúa la cantidad del suelo cubierto por cualquier tipo de vegetación, así como la conexión del bosque de ribera con el ecosistema terrestre.

### 1. Vegetación en la zona de ribera

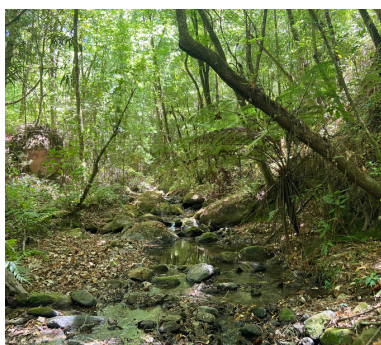
Evaluar el porcentaje de la zona de ribera que tiene vegetación (hierbas que estén presentes todo el año, arbustos o árboles), sin suelo desnudo.



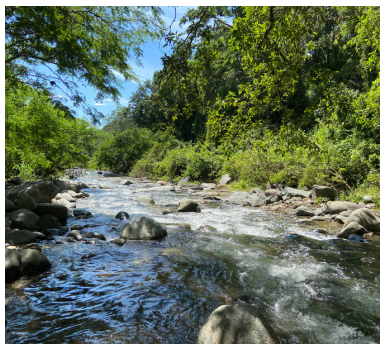
Muy poco



Poco



Mucho



Casi todo o todo

### 1.1. Conexión con el ecosistema terrestre

Evaluar el porcentaje del bosque de ribera que se encuentra conectado con el ecosistema terrestre.

Los caminos asfaltados, zonas de cultivo, potreros o construcciones, suelen interrumpir esta conexión.



Muy poco



Poco



Mucho



Casi todo o todo

## BLOQUE 2. ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DE LA ZONA DE RIBERA

En este bloque se evalúa el tipo de vegetación en la zona de ribera, cómo está conformada y cómo se encuentra distribuida en el tramo.

### 2. Árboles y arbustos en la zona de ribera

Evaluar el tipo de vegetación que compone la zona de ribera observando el porcentaje del tramo evaluado cubierto por árboles y arbustos.



Árboles y arbustos menores al 10 %



Menos del 50 % son árboles y de 10 a 25 % son arbustos



De 51 a 75 % son árboles y más de 25 % arbustos



De 76 a 100 % son árboles

### 2.1. Arbustos o plantas acuáticas en la orilla

Evaluar el porcentaje de arbustos y/o plantas acuáticas presentes en la orilla del cuerpo de agua.



Menos del 25 %



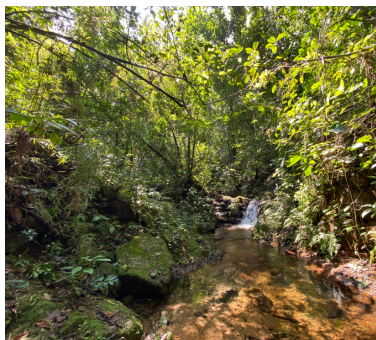
Entre 25 y 50 %



Más del 50 %

## 2.2. Conexión con el sotobosque

Determinar si la zona de arbustos de las orillas tiene una conexión con un *sotobosque*, es decir, con plantas que crecen bajo la sombra de los árboles como renuevos, otros arbustos, helechos o hierbas.



Sí



No

## 2.3. Distribución de la vegetación y características del sotobosque

Evaluar la forma en como se distribuyen los árboles y arbustos, así como el porcentaje del suelo que ocupa el sotobosque.



Árboles ordenados en filas y el sotobosque es mayor al 50%



Árboles y arbustos distribuidos en manchas, sin una continuidad



Árboles ordenados en filas y el sotobosque es menor al 50 %



Ninguna de las anteriores

## DETERMINACIÓN DEL TIPO DE RIBERA

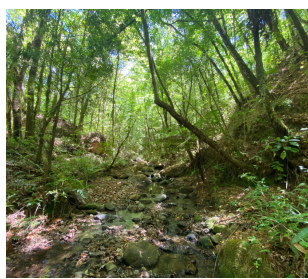
Para realizar la evaluación del bloque 3 es necesario un paso previo; conocer el tipo de ribera que se presenta en el cuerpo de agua, ya que las características naturales del paisaje son determinantes para conocer qué tan extenso o diverso puede ser un bosque de ribera.

### Inclinación en la zona de ribera

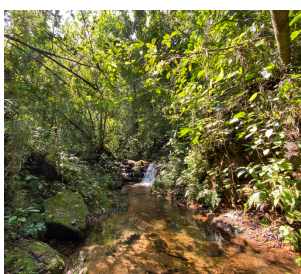
Evaluar el porcentaje de inclinación y si se cuenta con una orilla que en temporada de lluvias se inunda. La inclinación del terreno en la ribera puede favorecer o impedir que la vegetación y sus raíces puedan tener alguna conexión con el cuerpo de agua. De esta manera, cuanto mayor sea la inclinación de la ribera, la extensión del bosque de ribera será más reducida y, viceversa.



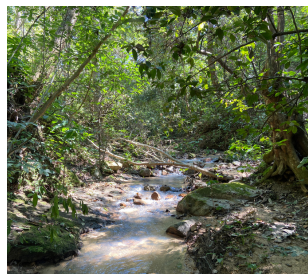
De 0° a 20°



De 21° a 45°



De 46° a 75°



Mayor a 75° con orilla inundable



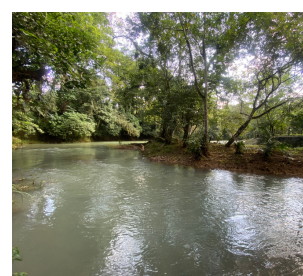
Mayor a 75° sin orilla inundable

### Presencia de islas

Identificar la presencia o ausencia de islas (porciones de tierra al interior de los cuerpos de agua que poseen vegetación como arbustos o árboles) y sus dimensiones. Las islas funcionan como un espacio extra para el desarrollo de la vegetación de ribera.



Sí, suman un ancho mayor a 5 metros



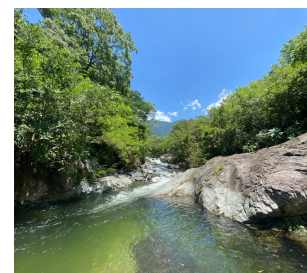
Sí, suman un ancho de entre 1 y 4 metros

### Roca donde no puede crecer vegetación

Evaluar el porcentaje de rocas en las que la vegetación, como arbustos o árboles, no puede crecer por la falta de suelo, reduciendo la capacidad para tener un bosque de ribera extenso y/o continuo.



De 0 a 29 %



De 30 a 59 %



De 60 a 79 %



De 80 a 100 %

## BLOQUE 3. CALIDAD DE LA VEGETACIÓN EN LA ZONA DE RIBERA

En este bloque se evalúan aspectos de la zona de ribera que ayudan a indagar si se presentan alteraciones en la vegetación por la actividad humana, por ejemplo, si se observa una deforestación, especies introducidas, residuos humanos o construcciones.

### 3. Número de árboles nativos

Determinar el número de especies de árboles nativos diferentes que se encuentran en la zona de ribera. Este apartado depende del tipo de ribera. Se espera que si el tipo de ribera favorece un bosque de ribera extenso, se observe un mayor número de especies diferentes de árboles nativos.

#### 3.1. Continuidad del bosque de ribera

Determinar la continuidad del bosque observando si hay zonas a lo largo del tramo evaluado en las que la vegetación se interrumpe o si la vegetación ocupa todo el ancho de la ribera.

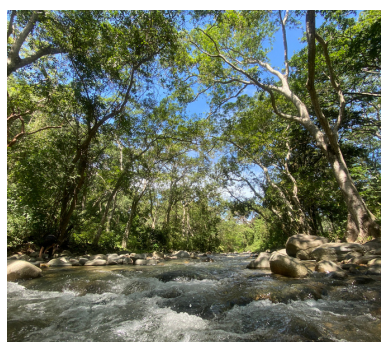
En ocasiones es posible observar diferentes especies de árboles en grupos formando franjas paralelas a los cauces.



Existen diferentes especies de árboles en grupos en todo el ancho de la ribera



Es continuo a lo largo del río y abarca entre 50 y 75 % del ancho de la ribera



Es continuo a lo largo del río y ocupa entre 76 y 100 % del ancho de la ribera



Ninguna de las anteriores

### 3.2. Número de arbustos

Determinar el número de especies de arbustos diferentes que se encuentran en la zona de ribera. Este apartado depende del tipo de ribera. Se espera que si el tipo de ribera favorece un bosque de ribera extenso, se observe un mayor número de especies diferentes de arbustos.

### 3.3. Especies de árboles introducidas

Identificar la presencia o ausencia de especies de árboles introducidos por las personas y de ser así, si crecen de manera aislada o formando grupos.

### 3.4. Basura en la zona de ribera

Identificar la presencia o ausencia de basura en la ribera.



### 3.5. Construcciones en la zona de ribera

Identificar la presencia de construcciones en la zona de ribera (p.ej. caminos, puentes, bardas, casas e infraestructura turística).



## BLOQUE 4. NATURALIDAD DEL CAUCE/ESPEJO DE AGUA

En el último bloque se evalúa el grado de modificación en la forma y dimensión de los cauces o espejos de agua por la acción humana, por ejemplo, mediante estructuras sólidas dentro o alrededor del cuerpo de agua.

### 4. Modificación del cauce del río/espejo de agua

Identificar si existen canalizaciones o estructuras sólidas alrededor del cuerpo que reduzcan su tamaño.



Totalmente modificado



Modificación con algunas estructuras sólidas



Pocas modificaciones en la orilla

### 4.1. Estructuras artificiales en el cuerpo de agua

Identificar si existen algunas estructuras sólidas dentro de los cuerpos de agua, como carreteras, puentes o presas.



## 2.3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS

Los diversos seres vivos que habitan los cuerpos de agua realizan funciones importantes que permiten mantener la buena salud de los *ecosistemas*.

Algunos de estos organismos pueden proporcionar información sobre la *calidad del agua* y del ambiente debido a que su presencia se puede asociar con determinadas condiciones, por ejemplo, un exceso en la cantidad de nutrientes o bajos niveles de oxígeno disponible en el agua. De tal manera, los parámetros biológicos están estrechamente relacionados con los físico-químicos y los paisajísticos y, en conjunto, brindan un panorama completo de la *calidad ecológica*.

En este grupo de parámetros encontramos desde seres vivos diminutos en el agua que únicamente se pueden ver con ayuda de un microscopio, como las bacterias, hasta aquellos que pueden observarse a simple vista, como los macroinvertebrados acuáticos.



Foto: Karla Rivera



## 2.3.1 COLIFORMES TOTALES

Los Coliformes Totales son bacterias que pueden encontrarse de manera natural en el suelo y el agua; sin embargo, son habitantes frecuentes del sistema digestivo de animales de sangre caliente, por lo que son utilizados como indicadores de contaminación del agua por heces fecales.

La mayoría de estas bacterias son inofensivas para los seres vivos, aunque algunas pueden provocar diarreas e infecciones, por ejemplo, *Escherichia coli* (*E.coli*) y *Salmonella*.

Las bacterias coliformes pueden llegar a los cuerpos de agua cuando:

- El ganado, al momento de ingresar a los cuerpos de agua para beber o refrescarse, defeca dentro o en las orillas de cuerpo de agua.
- Se descargan aguas residuales sin tratamiento.
- La fauna silvestre defeca en o cerca de los cuerpos de agua.

MÉTODO	RANGO DETECTADO POR LA PRUEBA
Caja de análisis para bacterias coliformes totales	Presencia/ausencia

### EQUIPO Y MATERIALES

- Tubos de ensayo con tapón
- Tableta para bacterias

### PROCEDIMIENTO

1. Etiquetar el tubo de ensayo con la tableta para bacterias con el nombre del sitio de monitoreo, la fecha del monitoreo y la hora en que se realiza la prueba.
2. Destapar el tubo que contiene la tableta para bacterias y **añadir 10 mL de agua de la muestra.**

Sujetar en todo momento el tubo con la tapa hacia arriba, no inclinar ni voltear.

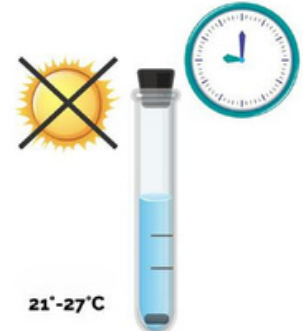


## PROCEDIMIENTO

3. Tapar el tubo de ensayo.

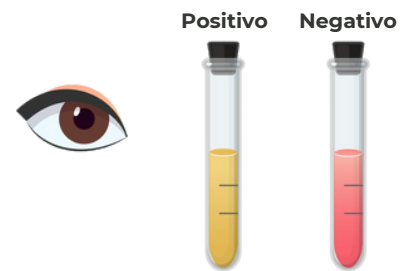
4. Mantener la muestra a temperatura ambiente y fuera del alcance de la luz solar por un periodo de 48 horas.

No tocar, sacudir o mover el tubo durante este periodo.



5. Posterior a las 48 horas **comparar el color del tubo de ensayo.**

- Si la muestra toma un color amarillo y se observan burbujas en la superficie del tubo el resultado es POSITIVO, es decir, hay presencia de bacterias.
- Si la muestra toma un color rojo o rojo pálido el resultado es NEGATIVO (ausencia de bacterias coliformes totales).



6. Registrar el resultado como **presencia o ausencia de bacterias coliformes totales.**



## INTERPRETACIÓN

La presencia de bacterias coliformes se relaciona con la contaminación del agua por el aporte de heces fecales. Tanto para el consumo humano como del ganado la concentración de coliformes recomendada es de cero, es decir, ausencia total de bacterias coliformes.

## 2.3.2 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

Los macroinvertebrados acuáticos son animales que pasan toda o parte de su vida dentro de los cuerpos de agua. En este grupo se encuentra una gran variedad de organismos, por ejemplo, caracoles, almejas, gusanos planos, ácaros, crustáceos (camarones y cangrejos), lombrices e insectos.

Los insectos son el grupo más abundante y diverso dentro de los sistemas acuáticos, sin embargo, se suelen encontrar con formas poco familiares para nosotros. Lo anterior se debe a que presentan tres fases principales de desarrollo: huevo, larva y adulto. En los cuerpos de agua, la mayoría se encuentran en fase de larva y tienen sus fases adultas terrestres, con excepción de las chinches y algunos escarabajos, cuyas fases adultas pueden permanecer en el agua.

Los macroinvertebrados cumplen funciones importantes, ya que ayudan a descomponer restos vegetales y animales, controlan plagas, sirven de alimento para otros animales y algunos (en su etapa de adulto) son polinizadores.

La diversidad de estos animales está relacionada con la variedad de espacios en el ecosistema donde puedan vivir, ya que algunos prefieren zonas con flujo de agua rápido, mientras que otros prefieren aguas estancadas, algunos necesitan materiales rocosos o arenosos en el fondo y otros pueden vivir en el lodo o adheridos a la vegetación acuática.

Por ello, la presencia de un tipo de macroinvertebrado u otro se relaciona con las condiciones ambientales en el cuerpo de agua, como el estado de conservación de la vegetación de ribera, la calidad hidromorfológica, la cantidad de oxígeno disuelto para poder respirar, así como el tipo y cantidad de alimento disponible (natural o proveniente de fuentes de contaminación).

Las actividades humanas pueden afectar a estos animales, particularmente cuando:

- Se descargan aguas residuales sin tratamiento.
- Se alteran los sedimentos o se sacan materiales como rocas o gravas, ya que estos pueden servir como lugares donde los macroinvertebrados se refugian y alimentan.
- Hay un desmonte, cambio o pérdida de la vegetación de ribera, ya que les brinda alimento y/o refugio.
- Hay una modificación en el flujo del agua en ríos o arroyos por desviaciones de agua o por la construcción de presas.

## MÉTODO

Colecta multihábitat

## EQUIPO Y MATERIALES

- Red para colecta de macroinvertebrados
- Pinzas y pipetas
- Lupa
- Charola blanca
- Cajas petri
- Guía de identificación de macroinvertebrados

## PROCEDIMIENTO

Se realizará un **muestreo multihábitat**, el cual tiene por objetivo abarcar los diferentes lugares en el ecosistema donde los macroinvertebrados se puedan encontrar.

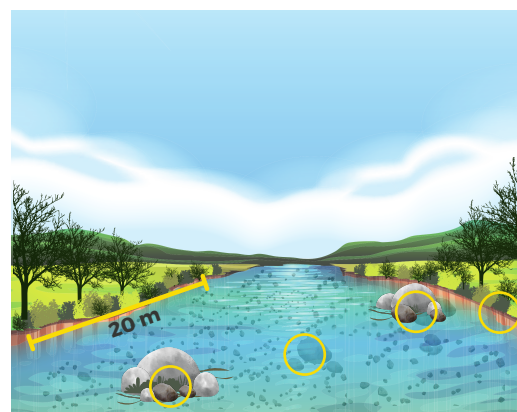
Una vez capturados, se buscará identificar quiénes son, particularmente a qué familia biológica pertenecen, esto con ayuda de una guía de macroinvertebrados para las cuencas de los proyectos CONECTA y RÍOS.

Al finalizar la identificación, los macroinvertebrados se regresarán al agua, por tal es muy importante procurar no dañarlos al momento de su manipulación.

### a. Manantiales, arroyos y ríos

Establecer un tramo de aproximadamente 20 metros a lo largo del río donde sea posible analizar diferentes zonas: con una diversidad de sustratos (rocas, sedimento, vegetación, maderas, etc), variaciones en la velocidad de corriente y distintas profundidades.

Los macroinvertebrados pueden vivir en distintos lugares, como en el fondo de los cauces, cantos, hojarasca, restos leñosos o en la vegetación de ribera. Para cubrir todos estos ambientes, se realizará un muestreo multihábitat mediante la **técnica de pateo y extracción manual**.



## Técnica de pateo

Esta técnica se realiza solamente cuando existen materiales rocosos o vegetación acuática. El procedimiento se llevará a cabo por un tiempo total de **5 minutos**, divididos en lapsos en lo que se abarquen las diferentes zonas del tramo seleccionado.

1. Posicionarse dentro del cuerpo de agua viendo río abajo (hacia donde fluye el agua) y colocar la red en el fondo con la abertura frente a los pies.
2. Sin despegar la red del suelo, patear suavemente el fondo durante un par de minutos para remover los materiales. De esta manera, el flujo de agua ayudará a que los macroinvertebrados desprendidos se depositen en la red.
3. Sacar la red del agua cuidando que los macroinvertebrados no salgan de ella.

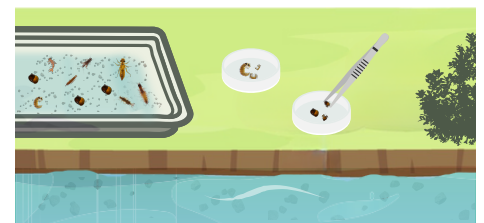
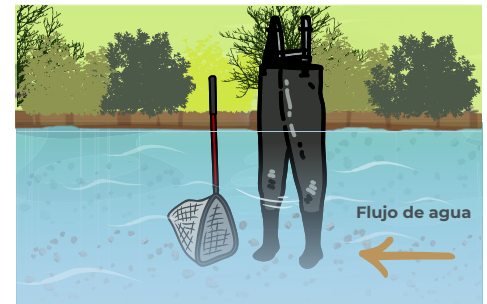
En caso de existir vegetación acuática o raíces sumergidas, dar un par de “golpes” con la red de abajo hacia arriba.

4. Depositar lo colectado en la red dentro de la charola blanca, la cual deberá contener un poco de agua.

Repetir del paso 1 al 4 en las diferentes zonas del tramo donde los MIBS se puedan encontrar.

## Identificación de macroinvertebrados

5. Finalizado el tiempo de colecta, con ayuda de las pinzas o pipetas iniciar la separación de organismos en cajas petri con base en la similitud de formas.
6. Seleccionar un organismo y observarlo con la lupa. Comenzar la identificación con la guía de macroinvertebrados de la región para determinar a qué grupo mayor, orden y finalmente, familia pertenece.



## PROCEDIMIENTO

- 7.** Registrar en el formato de campo las familias encontradas y posteriormente regresar al agua todos y cada uno de los macroinvertebrados colectados.

Sólo se tomará en cuenta la presencia de las familias, sin importar el número de individuos presentes en cada una de ellas.

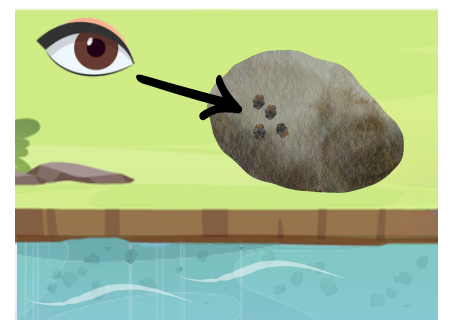


### Extracción manual

Comúnmente, en los cuerpos de agua se presentan materiales que no se pueden patear, como rocas grandes o troncos sumergidos, por lo cual se requiere hacer su extracción con la mano. Esto se realizará por un tiempo total de **2 minutos** repartidos a lo largo del tramo seleccionado.

- 1.** Sacar con las manos distintos materiales, como rocas, restos de hojas y troncos sumergidos, revisando en cada uno la presencia de macroinvertebrados.

Es posible que debajo de las rocas se encuentren refugios de insectos (tricópteros) hechos de distintos materiales (gravas, arena, hojas, ramas). En este caso, para evitar destruirlos y dañar a los organismos, no se realizará una extracción, únicamente se observarán.



- 2.** Depositar lo colectado dentro de la charola blanca, la cual deberá contener un poco de agua.

- 3.** Seguir el procedimiento de identificación de macroinvertebrados descrito en la página 65 (del paso 5 al 7).

## PROCEDIMIENTO

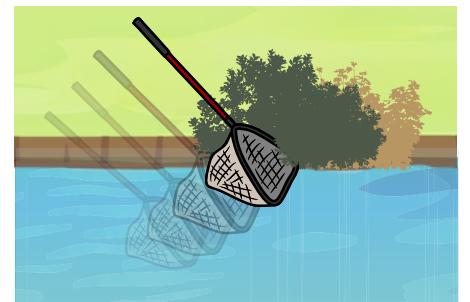
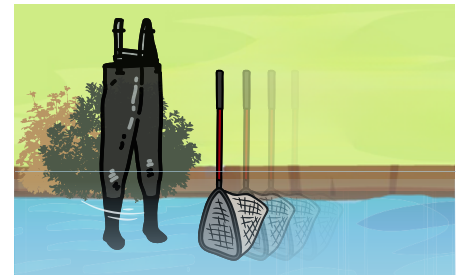
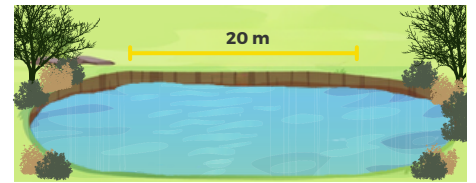
### b. Lagos y presones

Para estos cuerpos de agua se realizará un muestreo multihábitat mediante la **captura con la red** y la **extracción manual**.

Establecer un tramo de 20 metros abarcando una o más orillas del espejo de agua, en donde se realizará el muestreo.

#### Captura con la red

1. Identificar la diversidad de materiales en el cuerpo de agua, como cantos, gravas, arena, lodo o diferentes tipos de vegetación acuática y raíces sumergidas.
2. Capturar los macroinvertebrados de acuerdo con los materiales presentes:
  - Si se realiza el muestreo desde la(s) orilla(s) y existe material rocoso, remover el material con los pies y realizar un “cuchareo” con la red para capturar los organismos que se desprendan del fondo durante 5 minutos.
  - De igual manera, si existe vegetación en las orillas, plantas acuática o raíces sumergidas, dar una serie de “golpes” de arriba hacia abajo con la red.
  - En caso de no existir material rocoso ni vegetación en el espejo de agua y todo el material sea lodoso, sumergir la red hasta tocar el fondo, pero sin enterrarla y “barrer” suavemente el fondo (evitar que entre un exceso de lodo) y sacar la red después de cada movimiento.
  - Si existen macroinvertebrados nadando en la superficie, capturarlos con la red realizando movimientos rápidos.
4. Depositar lo colectado en la red dentro de la charola blanca, la cual deberá contener un poco de agua.



## PROCEDIMIENTO

### Identificación de macroinvertebrados

5. Finalizado el tiempo de colecta, con ayuda de las pinzas o pipetas iniciar la separación de organismos en cajas petri con base en la similitud de formas.
6. Seleccionar un organismo y observarlo con la lupa. Comenzar la identificación con la guía de macroinvertebrados de la región para determinar a qué grupo mayor, orden y finalmente, familia pertenece.
7. Registrar en el formato de campo las familias encontradas y posteriormente, regresar al agua todos y cada uno de los macroinvertebrados colectados.

Sólo se tomará en cuenta la presencia de las familias, sin importar el número de individuos presentes en cada una de ellas.

### Extracción manual

Dependiendo del tipo de materiales disponibles en el cuerpo de agua, se realizará una colecta manual de macroinvertebrados a lo largo de **2 minutos**. En caso de no existir rocas grandes, restos de hojas, troncos o raíces sumergidas, descartar la colecta manual.

1. Sacar con las manos distintos materiales, como rocas grandes, restos de hojas o raíces sumergidas, revisando en cada uno la presencia de macroinvertebrados.
2. Depositar lo colectado dentro de la charola blanca, la cual deberá contener un poco de agua.
3. Seguir el mismo procedimiento de identificación de MIBS que con la captura mediante la red, descrito en la sección anterior (del paso 5 al 7).





### Cálculo del índice de macroinvertebrados

El índice BMWP permite indagar la calidad de un cuerpo de agua a partir de las familias de macroinvertebrados que habitan el mismo, las cuales presentan determinado valor según sus preferencias ambientales.

En el presente esquema de monitoreo comunitario del agua se utiliza el índice adaptado para Costa Rica- BMWP-CR (MINAE-S, 2007), el cual incluye 98 familias, de las cuales la mayoría se encuentran en México. Los puntajes de las familias van del 1 al 9; donde aquellas con valores altos son indicadoras de niveles bajos de contaminación del agua, mientras que valores bajos son asignados a familias indicadoras de elevados niveles de contaminación (Ver listado en la página 70).

Debido a que se utiliza un índice adaptado a otro país, es de esperarse que en las cuencas de México se registren familias no incluidas en el índice BMWP-CR. Justamente, las guías de macroinvertebrados para los proyectos CONECTA y RÍOS incluyen todas las familias que se han identificado en las cuencas de Chiapas, Chihuahua, Jalisco y Veracruz, aún cuando no se encuentren en el listado del índice utilizado. En este caso, se indica un puntaje no disponible (ND); sin embargo, se añade información sobre las preferencias ambientales.

El valor final del índice corresponde a la suma de los puntajes de cada familia registrada en el sitio de monitoreo. Adicional, se requiere contemplar un cálculo llamado ASPT, que consiste en dividir el valor final del índice BMWP/CR (suma de los puntos) entre el número de familias registradas con puntaje. De esta manera, el índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de macroinvertebrados} = \frac{\text{Suma de los puntos del índice BMWP-CR}}{\text{Número de familias registradas con puntaje}}$$

En el "Número de familias registradas con puntaje" no incluir las familias que tengan ND (no disponible), ya que al no aportar un puntaje disminuirían el promedio y la calidad se vería afectada.

Con base en esto, se pueden presentar cinco categorías de calidad:

CATEGORÍA DE CALIDAD PARA MACROINVERTEBRADOS	PUNTAJE DEL ÍNDICE
Muy buena	6.1 a 9.0
Buena	5.1 a 6.0
Media	4.1 a 5.0
Mala	3.1 a 4.0
Muy mala	1.0 a 3.0

**PUNTAJE DE LAS DISTINTAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS INCLUIDAS EN EL ÍNDICE BMWP-CR**

<b>Puntaje</b>	<b>Familias</b>
9	Polythoridae, Blephariceridae, Athericidae, Heptageniidae, Perlidae, Lepidostomatidae, Odontoceridae, Hydrobiosidae, Ecnomidae.
8	Leptophlebiidae, Cordulegastridae, Corduliidae, Aeshnidae, Perilestidae, Limnephilidae, Calamoceratidae, Leptoceridae, Glossosomatidae, Blaberidae.
7	Ptilodactylidae, Psephenidae, Lutrochidae, Gomphidae, Lestidae, Megapodagrionidae, Protoneuridae, Platystictidae, Philopotamidae, Talitridae, Gammaridae.
6	Libellulidae, Corydalidae, Hydroptilidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Euthyplociidae, Isonychidae.
5	Pyralidae, Hydropsychidae, Helicopsychidae, Dryopida;; Hydraenidae, Elmidae, Limnichidae, Leptohiphidae, Oligoneuriidae, Polymitarcyidae, Baetidae, Crustacea, Turbellaria.
4	Chrysomelidae, Curculionidae, Haliplidae, Lampyridae, Staphylinidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Scirtidae, Noteridae, Dixidae, Simulidae, Tipulidae, Dolichopodidae, Empididae, Muscidae, Sciomyzidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae, Tabanidae, Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Pleidae, Nepidae, Notonectidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Caenidae, Hidracarina.
3	Hydrophilidae, Psychodidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae.
2	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae.
1	Syrphidae, Oligochaeta (todas las clases).



Calchahualco, Veracruz.

Foto: Victor Salinas

## 3. GLOSARIO Y BIBLIOGRAFÍA

---

# 3.1 GLOSARIO

**Aguas negras.** Aguas residuales de origen doméstico que se caracterizan por tener una contaminación fecal (heces).

**Aguas residuales.** Cualquier tipo de agua cuya calidad ha sido afectada negativamente por la influencia de los seres humanos, por ejemplo, las aguas provenientes de los hogares.

**Arena.** Conjunto de granos de rocas de tamaño muy pequeño.

**Arroyos.** Corrientes de agua estacionales o permanentes, mansos o rápidos, con volumen de agua menor que los ríos.

**Azolamiento.** Proceso en el que diversos materiales como tierra, limos o arenas son transportados y se depositan en el fondo de un río, canal, lago, laguna o mar, disminuyendo su profundidad.

**Bancos del río.** Son las paredes laterales que mantienen el flujo del agua en un manantial, arroyo o río. Suelen estar expuestos durante la época de secas e inundarse cuando ocurren lluvias muy fuertes.

**Calidad del agua.** Características físicas, químicas, microbiológicas y radiactivas del agua y su concentración, comparada contra una norma nacional o internacional de acuerdo con el uso específico que se busca dar al líquido.

**Calidad ecológica.** Aproximación para el estudio de los ecosistemas acuáticos que se centra en conocer su estructura (qué componentes integran al ecosistema) y funcionamiento (el papel que desempeñan los componentes).

**Canalizaciones.** Sustitución del cauce natural por una obra artificial para contener los cuerpos de agua.

**Cantos:** rocas del tamaño de la palma de la mano de una persona adulta (o un poco más grande).

**Cauce.** Parte del cuerpo de agua corriente por donde fluye el agua.

**Cuencas hidrográficas.** Son espacios del territorio delimitados por un parteaguas (las partes más altas de las montañas) donde se concentran los escurrimientos, como ríos y arroyos, que confluyen y desembocan en un punto común o también llamado salida de la cuenca.

**Ecosistema.** Conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con el medio no vivo.

**Ecosistema acuático.** Ecosistema que tiene al agua como elemento base para el desarrollo y crecimiento de la vida que habita en él.

**Especie nativa.** Especie que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual).

**Eutrofización.** Ocurre cuando hay una gran cantidad de nutrientes que provocan el aumento de algas y plantas que al morir son descompuestas por bacterias, quienes regresan los nutrientes al agua, pero al hacerlo consumen el oxígeno disponible, asfixiando al resto de seres vivos acuáticos.

**Fotosíntesis.** Mecanismo de nutrición en plantas, algas y algunas bacterias a partir de la energía proveniente de la luz solar.

**Grava.** Rocas de tamaño pequeño.

**Lagos.** Masas de agua permanentes que se depositan en una depresión del terreno. No tienen comunicación directa con el mar y generalmente son grandes, con más de 8 m de profundidad.

**Léntico.** Corrientes lentas. Se refiere a ecosistemas de aguas estáticas, principalmente representadas por lagos y lagunas.

**Lodos.** Mezcla de tierra y agua.

**Lótico.** Corrientes rápidas. Se refiere a ecosistemas de aguas fluyentes, principalmente representadas por ríos y arroyos.

**Parámetro.** Característica medible que permite evaluar una determinada situación.

**Plantas acuáticas.** Plantas que presentan algunas adaptaciones que les permiten vivir parcialmente o completamente sumergidas en el agua.

**Presones/bordos.** Obras artificiales realizadas por el ser humano cuya función es captar y almacenar agua de lluvia y escurrimientos superficiales para el uso del ganado, aunque también la fauna silvestre los utiliza.

**Ríos.** Son cuerpos de agua lóticos (aguas corrientes) que fluyen desde su nacimiento hasta su desembocadura en otro río, lago o en el mar.

**Rocas.** Materiales sólidos formados por minerales que presentan una textura característica del ambiente en el que se formaron.

**Servicios ecosistémicos.** Son las condiciones y los procesos por medio de los cuales los ecosistemas sostienen tanto al propio sistema natural como a la vida humana.

**Sitios de monitoreo.** Punto en determinado cuerpo de agua elegido para realizar evaluaciones periódicas.

**Sotobosque.** Vegetación formada por renuevos, arbustos, helechos y hierbas que crecen bajo los árboles de un bosque o monte.

**Vegetación de ribera.** Es la vegetación (hierbas, arbustos o árboles) que se encuentra a los lados de cualquier cuerpo de agua superficial.

## 3.2 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Allan, J. D. y Castillo, M. M.** (2007). The abiotic environment, en J. D. Allan y M. M. Castillo, Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters 2ª Ed. (pp: 88-103). Springer.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., & Stribling, J. B.** (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish (Vol. 339). Washington, DC: US Environmental Protection Agency, Office of Water.
- Carmona-Jiménez, J., Caro-Borrero, A. P., Salinas-Camarillo, V. H., & Caro-Borrero, E. M.** (2021). Calidad ecológica en ríos de la Cuenca de México. Protocolos de evaluación y monitoreo biológico e hidromorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Ciudad de México, México.
- Carrera, C. y Fierro, K.** (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito.
- Chapman, D. V.** (1996). Water Quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Cambridge, Reino Unido: Chapman & Hall.
- De la Lanza, G.** (2000). Criterios Generales para la Elección de Bioindicadores. En: G. De la Lanza, S. Hernández y J.L. Carvajal (comps.). Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). SEMARNAT, CNA, UNAM, Instituto de Biología, México, pp. 17-42.
- DOF-Diario Oficial de la Federación.** (2021). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Gobierno de México.
- DOF-Diario Oficial de la Federación.** (2022). NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Gobierno de México.
- Duan, X. H., Zhao-Yin, W. A. N. G., & Xu, M. Z.** (2011). Effects of fluvial processes and human activities on stream macro-invertebrates. International Journal of Sediment Research, 26(4), 416-430.
- Elosegi, A., & Sabater, S.** (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA. Bilbao, España.
- EPA (Environmental Protection Agency).** (2002). Summary of Biological Assessment Programs and Biocriteria Development for States, Tribes, Territories, and Interstate Commissions. Streams and Wadeable Rivers. EPA 822-R02-048.
- Galloway, J.N., Dentener, F.J., Capone, D.G., Boyer, E.W., Howarth, R.W., Seitzinger, S.P., Asner, G.P., Cleveland, C.C., Green, P.A., Holland, E.A., Karl, D.M., Michaels, A.F., Porter, J.H., Townsend, A.R. y Vörösmarty, C.J.** (2004). Nitrogen cycles: past, present, and future. Biogeochemistry, 70: 153-226.
- Lampert, W., y Sommer, U.** (2007). Limnoecology. In: Special features of aquatic habitats. Second Edition. Oxford University Press Inc., New York.
- Litke, D. W.** (1999). Review of Phosphorous Control Measures in the United States and Their Effects on Water Quality. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 99-4007. National Water Quality Assessment Program. Denver, Colorado.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J.** (2003). Brock. Biología de los microorganismos 12 ed. Editorial Pearson Prentice Hall Iberia, Madrid. Pp, 1064.
- MINAE-S.** (2007). Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. Decreto, No. 33903, La Gaceta No. 178. San José, Costa Rica.
- Munné, A., Solà, C., & Prat, N.** (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. Tecnología del Agua 175: 20-37.
- O'Callaghan y Kelly-Quinn.** (2013). Performance of selected macroinvertebrate-based biotic indices for rivers draining the Merendon Mountains region of Honduras. UNED Research Journal, 5(1), 45-54.
- Pfost, D. L., Fulhage, C. D., & Casteel, S. W.** (2001). Water Quality for Livestock Drinking. University of Missouri.
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters E., Márquez-Huitzil, R. y Zambrano, L.** (2007). Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Wetzel, R. G.** (2001). Limnology Lake and River Ecosystems. 3ª Ed (pp: 71-92). Academic Press. Estados Unidos de Norteamérica.